



LAPORAN SKRIPSI – TK141581

**PEMANFAATAN LIMBAH AIR KELAPA MENJADI
PUPUK ORGANIK CAIR MENGGUNAKAN
MIKROORGANISME *Aspergillus niger*,
Pseudomonas putida DAN BIOAKTIVATOR EM4**

Oleh:

Reynad D. P. Gultom

NRP. 2313 100 011

Rillya Kharisma Prabatiwi

NRP. 2313 100 025

Dosen Pembimbing:

Dr. Eng. R. Darmawan, S.T., M.T

NIP. 19780506 200912 1001

Ir. Nuniek Hendrianie, M.T

NIP. 19571111 198601 2 001

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



FINAL PROJECT – TK141581

**THE UTILIZATION OF COCONUT WATER WASTE
INTO ORGANIC LIQUID FERTILIZER USING
MICROORGANISMS *Aspergillus niger*, *Pseudomonas
putida* AND BIOACTIVATOR EM4**

By:

Reynad D. P. Gultom

NRP. 2313 100 011

Rillya Kharisma Prabatiwi

NRP. 2313 100 025

Advisor:

Dr. Eng. R. Darmawan, S.T., M.T

NIP. 19780506 200912 1001

Ir. Nuniek Hendrianie, M.T

NIP. 19571111 198601 2 001

**CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUT OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMANFAATAN LIMBAH AIR KELAPA MENJADI
PUPUK ORGANIK CAIR MENGGUNAKAN
MIKROORGANISME *Aspergillus niger*,
Pseudomonas putida DAN BIOAKTIVATOR EM4**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Teknik Kimia Fakultas
Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

Reynad D. P. Gultom (2313 100 011)

Rillya Kharisma Prabatiwi (2313 100 025)

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr. Eng. R. Darmawan, S.T., M.T. (Pembimbing I)
2. Ir. Nuniek Hendrianie, M.T. (Pembimbing II)
3. Prof. Dr. Ir. Arief Widjaja, M.Eng. (Penguji I)
4. Dr. Ir. Sri Rachmania Juliastuti, M.Eng. (Penguji II)
5. Siti Nurkhamidah, S.T., MSc., Ph.D. (Penguji III)



PEMANFAATAN LIMBAH AIR KELAPA MENJADI PUKUP ORGANIK CAIR MENGGUNAKAN MIKROORGANISME *Aspergillus niger*, *Pseudomonas putida* DAN BIOAKTIVATOR EM4

ABSTRAK

Penggunaan pupuk anorganik berlebih dapat memperburuk kondisi tanah, sehingga perlu adanya pengembangan pupuk organik. Pupuk organik digunakan untuk menyuplai bahan organik untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh ratio bioaktivator EM4, *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* pada limbah air kelapa untuk peningkatan unsur hara; dan mengamati hasil pertumbuhan tanaman cabai, tomat dan terung yang ditreatment menggunakan pupuk organik cair dari limbah air kelapa. Pupuk organik cair dibuat dengan mencampurkan limbah air kelapa dengan mikroorganisme *Aspergillus niger*, *Pseudomonas putida* dan bioaktivator EM4 dengan variabel yaitu: EM4; *Aspergillus niger*; *Pseudomonas putida* ; campuran antara EM4 dan *Aspergillus niger*; EM4 dan *Pseudomonas putida*; *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* masing-masing dengan perbandingan 1:1 jumlah sel/mL; EM4, *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* (1:1:1 jumlah sel/mL); serta tanpa penambahan mikroorganisme sebagai kontrol negatif. Pembuatan pupuk organik cair dilakukan dalam *mixed batch reactor* dengan aerasi udara 4 L/menit/variabel selama 10 hari. Pupuk organik cair yang dihasilkan akan dianalisa kandungan N, P dan K, kemudian akan diujikan pada tanaman cabai, tomat dan terung. Berdasarkan hasil analisa pada produk pupuk organik cair, diketahui bahwa variabel yang menghasilkan peningkatan unsur N, P dan K terbaik adalah variabel campuran *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* (1:1 jumlah sel/mL) dengan peningkatan unsur N sebesar 100%, peningkatan unsur P sebesar 110% dan peningkatan pada unsur K sebesar 552%. Hasil pengujian pada tanaman uji coba diketahui bahwa pertumbuhan dan perkembangan paling pesat

ditunjukkan pada tanaman yang ditreatment menggunakan pupuk organik cair variabel campuran *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* dengan pertumbuhan batang (Δh) pada tanaman cabai sebesar 10,5 cm; pada tanaman tomat sebesar 6 cm dan pada tanaman terung sebesar 7,67 cm. Perkembangan buah paling pesat juga dialami tanaman yang ditreatment menggunakan pupuk organik cair variabel campuran *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* ditunjukkan dengan fisik buah yang sudah berubah warna (matang). Sementara untuk kedelapan variabel lainnya, perkembangan buah belum mencapai perubahan warna (belum matang).

Kata kunci : air kelapa, *Aspergillus niger*, EM4, *Pseudomonas putida*, pupuk organik cair

THE UTILIZATION OF COCONUT WATER WASTE INTO ORGANIC LIQUID FERTILIZER USING MICROORGANISMS *Aspergillus niger*, *Pseudomonas putida* AND BIOACTIVATOR EM4

ABSTRACT

Excessive use of inorganic fertilizers can wreck the physical condition of the soil. So that need to expand the use of organic fertilizers. The organic fertilizers supposed to supply nutrients and minerals of soil. The aim of this research are to studied the ratio of bioactivator EM4, *Aspergillus niger* and *Pseudomonas putida* increasing nutrients and minerals on coconut water waste as the main organic fertilizers material; to observed the growth of eggplants, tomatoes and chilies used organic fertilizers from coconut water waste. The organic fertilizer was made from coconut waste water that still had some mikro and makro minerals. The organic fertilizer was made through fermentation process by injecting microorganisms *Aspergillus niger*, *Pseudomonas putida* and bioactivator EM4. The variables are *Aspergillus niger*, *Pseudomonas putida*, and bioactivator EM4 each on its own, mixture of *Aspergillus niger* and *Pseudomonas putida*, EM4 and *Aspergillus niger*, EM4 and *Pseudomonas putida*, with 1:1 amount of cells/mL as the ratio for each. Also a mixture of *Aspergillus niger*, *Pseudomonas putida* and EM4 (1:1:1 amount of cells/mL) and the last with nothing added as a negative control. The organic fertilizers is done by using mixed batch reactor with aeration 4 L/minutes/variable for 10 days. After 10 days of fementation, we got the final result of organic liquid fertilizers and the amount of N, P, K and C-organics were analyzed. Based on the result of this research, the highest reduction of C-organic and the highest enhancement of N, P and K was obtained on mixture of *Aspergillus niger* and *Pseudomonas putida* with escalation as much as 29% ; 100% ; 110% ; 552%. The same result were also shown at the plants that been treated by organic fertilizer with mixture of *Aspergillus niger* and *Pseudomonas putida* with the growth of the

stem (Δh) on chilies plant as much as 10.5 cm; on tomatoes plant as much as 6 cm and eggplant as much as 7.67 cm. The most rapid growth of the fruit was also shown at the plants that been treated by organic fertilizer with mixture of *Aspergillus niger* and *Pseudomonas putida*, indicated by physical fruit that has color changed (cooked). While the other variables not showing any color changed (uncooked).

Keyword : *Aspergillus niger*, coconut water, EM4, liquid organic fertilizers, *Pseudomonas putida*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, kami dapat menyelesaikan laporan skripsi kami yang berjudul **"Pemanfaatan Limbah Air Kelapa Menjadi Pupuk Organik Cair Menggunakan Mikroorganisme *Aspergillus niger*, *Pseudomonas putida* dan Bioaktivator EM4"** dan menyelesaikan laporan ini tepat pada waktunya.

Selama penyusunan laporan ini, kami banyak sekali mendapat bimbingan, dorongan, serta bantuan dari banyak pihak. Untuk itu, kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Juwari S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
2. Bapak Dr. Eng. R. Darmawan S.T., M.T. dan Ibu Ir. Nuniek Hendrianie M.T. selaku Dosen Pembimbing kami, atas bimbingan, saran, dan motivasi yang telah diberikan.
3. Ibu Dr. Ir. Sri Rachmania Juliastuti M.Eng selaku Kepala Laboratorium Pengolahan Limbah Industri, Departemen Teknik Kimia FTI-ITS, atas bimbingan, saran, dan motivasi yang diberikan.
4. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya yang telah memberikan ilmunya kepada kami.
5. Kedua orang tua kami atas doa, bimbingan, perhatian, serta kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.
6. Teman-teman Laboratorium Pengolahan Limbah Industri atas semua dukungan, semangat, serta kerjasamanya selama berada dalam satu lab kurang lebih satu tahun.
7. Angkatan kami tercinta, keluarga besar K53. Suwun rek atas semangat yang selalu disalurkan meski tidak secara langsung. See you on top rek!
8. Seluruh pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang turut membantu kami.

Kami menyadari masih banyak hal yang perlu diperbaiki dalam laporan skripsi ini. Saran dan kritik yang membangun sangat kami harapkan.

Surabaya, 26 Juli 2017

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	5
I.3 Tujuan Penelitian	5
I.4 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Unsur Hara	7
II.1.1 Unsur Hara Makro	7
II.1.2 Unsur Hara Mikro	13
II.2 Pupuk Organik Cair	14
II.3 Bahan Baku	20
II.4 Mikroorganisme	22
II.4.1 Jamur <i>Aspergillus niger</i>	22
II.4.2 Bakteri <i>Pseudomonas putida</i>	23
II.4.3 <i>Effective Microorganism 4 (EM4)</i>	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
III.1 Kondisi Operasi Fermentasi	29
III.2 Variabel Penelitian	29
III.3 Bahan dan Peralatan	30
III.3.1 Bahan	30
III.3.2 Alat yang Digunakan	30
III.4 Prosedur Penelitian	31
III.4.1 Tahap Persiapan	31
III.4.2 Tahap Operasi	32
III.5 Skema Penelitian	36

III.6 Jadwal Kegiatan	38
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Hasil Penelitian.....	39
IV.2 Pembahasan	47
IV.2.1 Peningkatan Kandungan Nitrogen (N).....	48
IV.2.2 Peningkatan Kandungan Fosfor (P)	50
IV.2.3 Peningkatan Kandungan Kalium (K).....	52
IV.2.4 Penurunan Kandungan Karbon Organik (C-organik)	54
IV.2.5 Pengamatan Pertumbuhan pada Tanaman Uji Coba.....	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1 Kesimpulan	61
V.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA.....	xii
APPENDIKS A	A-1
APPENDIKS B	B-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar III.1	Skema susunan alat <i>mixed batch reactor</i>	31
Gambar IV.1	Jumlah Sel <i>Aspergillus niger</i> Selama Proses Fermentasi	43
Gambar IV.2	Jumlah Sel <i>Pseudomonas putida</i> Selama Proses Fermentasi	44
Gambar IV.3	Jumlah Sel EM4 Selama Proses Fermentasi.....	44
Gambar IV.4	Jumlah Sel <i>Aspergillus niger</i> : <i>Pseudomonas putida</i> Selama Proses Fermentasi	45
Gambar IV.5	Jumlah Sel EM4 : <i>Pseudomonas putida</i> Selama Proses Fermentasi	45
Gambar IV.6	Jumlah Sel EM4 : <i>Aspergillus niger</i> Selama Proses Fermentasi	46
Gambar IV.7	Jumlah Sel EM4 : <i>Aspergillus niger</i> : <i>P. putida</i> Selama Proses Fermentasi	46
Gambar IV.8	Kandungan N.....	48
Gambar IV.9	Persen Kenaikan Kandungan N.....	49
Gambar IV.10	Kandungan P	50
Gambar IV.11	Persen Kenaikan Kandungan P.....	51
Gambar IV.12	Kandungan K.....	52
Gambar IV.13	Persen Kenaikan Kandungan K.....	53
Gambar IV.14	Kandungan C-organik	55
Gambar IV.15	Persen Kenaikan Kandungan C-organik.....	55
Gambar IV.16	Perubahan Tinggi pada Tanaman Cabai Selama 45 Hari	58
Gambar IV.17	Perubahan Tinggi pada Tanaman Tomat Selama 45 Hari	58
Gambar IV.18	Perubahan Tinggi pada Tanaman Terung Selama 45 Hari	59

DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Standar Kualitas Pupuk Organik Cair Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian RI.....	17
Tabel II.2	Peranan Mikroorganisme serta Manfaat pada Tanaman.....	27
Tabel III.1	Jadwal kegiatan	38
Tabel IV.1	Kandungan N, P, K dan C-organik pada Limbah Air Kelapa Sebelum Penambahan Mikroorganisme	39
Tabel IV.2	Kandungan N, P, K dan C-organik Setelah Proses Fermentasi Hari ke-5.....	40
Tabel IV.3	Kandungan N, P, K dan C-organik Setelah Proses Fermentasi Hari ke-10.....	40
Tabel IV.4	Persen Kenaikan Kandungan N, P, K dan C-organik Setelah Proses Fermentasi Hari ke-5	41
Tabel IV.5	Persen Kenaikan Kandungan N, P, K dan C-organik Setelah Proses Fermentasi Hari ke-10	41
Tabel IV.6	Data Pertumbuhan Tanaman Uji Coba pada Cabai	42
Tabel IV.7	Data Pertumbuhan Tanaman Uji Coba pada Tomat	42
Tabel IV.8	Data Pertumbuhan Tanaman Uji Coba pada Terung.....	43
Tabel IV.9	Jumlah Buah pada Tanaman Uji Coba	47
Tabel IV.10	Data Perubahan Tinggi Tanaman dari Awal hingga Akhir Pemupukan	60

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Dengan jumlah penduduk terbesar nomor 4 di dunia, menjadikan kebutuhan akan pasokan pangan di Indonesia tergolong tinggi. Untuk memenuhi kebutuhan pangan yang tinggi tersebut harus didukung dengan sektor penghasil pangan yang baik, seperti sektor perikanan dan sektor pertanian. Mengingat bahwa Indonesia adalah negara agraris yang dikenal memiliki lahan pertanian yang luas, maka sektor pertanian memiliki andil yang besar dalam ketersediaan pangan di Indonesia.

Produksi pangan sangat bergantung pada faktor-faktor pendukung pertanian seperti ketersediaan air serta pasokan pupuk yang mencukupi kebutuhan petani. Ketersediaan pupuk baik subsidi maupun non-subsidi sangat mempengaruhi jumlah produksi pertanian. Tidak diragukan lagi bahwa dengan penambahan pupuk saat masa tanam dapat membantu pertumbuhan tanaman baik dengan cara meningkatkan unsur hara tanah, serta mempercepat pertumbuhan batang, daun, buah, dan akar. Data menunjukkan bahwa kebutuhan pupuk NPK di Indonesia pada tahun 2015 mencapai lebih dari 6,5 juta ton (Asosiasi Produsen Pupuk Indonesia, 2015).

Hingga tahun 2015, Indonesia masih mengimpor pupuk untuk memenuhi kebutuhan pupuk petani di Indonesia. Tidak terpenuhinya kebutuhan pupuk ini disebabkan oleh kondisi industri pupuk di Indonesia yang tidak stabil. Pertama, permasalahan produksi pupuk yang kian menurun seiring dengan bertambahnya usia pabrik penghasil pupuk. Kedua, kebutuhan pupuk yang semakin meningkat namun tidak diimbangi dengan pertumbuhan produksi pupuk yang terbatas, sehingga terjadi kelangkaan pupuk. Ketiga, harga pupuk yang cenderung semakin

mahal karena pupuk kimia yang beredar di pasar Indonesia sangat bergantung pada bahan baku impor yang harganya terus merangkak naik mengikuti kurs dollar di pasar mata uang internasional. Keempat, penggunaan pupuk anorganik meningkat drastis akibat fanatisme petani dan bertambahnya luas areal tanam, sementara penggunaan pupuk organik belum berkembang. (Setneg, 2009)

Keterbatasan produksi pupuk organik menimbulkan adanya ketergantungan pertanian Indonesia terhadap penggunaan pupuk anorganik. Hal ini dikarenakan pupuk anorganik diproduksi dalam jumlah yang lebih banyak sehingga lebih mudah ditemukan di pasaran dengan harga yang relatif lebih murah jika dibandingkan dengan pupuk organik. Ketergantungan penggunaan pupuk anorganik dalam jangka waktu yang lama memberi banyak dampak negatif terhadap kualitas lingkungan hidup khususnya terhadap biodiversitas, polusi air, dan kontaminasi rantai ekosistem. Fenomena ini menggambarkan bahwa pertanian di Indonesia sudah tidak memenuhi kriteria keberlanjutan baik secara teknologi, ekonomi, maupun ekologi.

Bahan kimia yang terkandung dalam pupuk anorganik diyakini telah menyebabkan kelelahan pada tanah (*fatigue soils*) akibat dari penggunaan dalam jangka waktu lama. Tanah-tanah yang semula subur karena mengandung cukup bahan organik makin tidak mampu lagi mendukung produktivitas tanaman secara ekonomis. Menyusutnya kadar bahan organik pada tanah akibat budidaya intensif dan minimnya input organik mengakibatkan efisiensi pemupukan kimia menurun drastis. Salah satunya kunci untuk mengembalikan kesuburan tanah tersebut adalah dengan pemberian *ameliorant* (pembenah) tanah, seperti pupuk organik, pupuk hayati, dan/atau pupuk mineral alami. Penggunaan pupuk organik yang bermutu baik mampu meningkatkan kapasitas tanah sehingga lebih efisien jika dibandingkan dengan menggunakan pupuk anorganik hingga 25-50%. Hal ini dapat menghemat biaya hingga 35% dari total biaya

yang digunakan untuk pemupukan. Pupuk organik memiliki *residual effect* yang positif, sehingga tanaman yang ditanam pada musim berikutnya tetap bagus pertumbuhan dan produktivitasnya.

Peran-peran tersebut kemudian menempatkan pupuk organik sebagai *ameliorant* tanah yang cukup efektif untuk membangkitkan kembali kesuburan tanah-tanah marginal. Apabila pemupukan dengan pupuk anorganik dipaksakan pada tanah-tanah mineral dengan kadar organik rendah maka sebagian besar kandungan pada pupuk tidak akan terdistribusi ke tanaman dengan baik. Proses yang mengakibatkan hal tersebut adalah pencucian melalui aliran permukaan, volatilisasi, perkolasi, imobilisasi oleh mikroba, dan jerapan oleh mineral liat. Dampak dari semua ini, kandungan pupuk yang dapat dimanfaatkan tanaman hanya sekitar 12% nya saja. Dengan kata lain, pemborosan pupuk anorganik secara besar-besaran yaitu sekitar 88% dari jumlah pupuk yang diaplikasikan ke tanah akibat penguapan atau tercuci air. Langkah cerdas untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan kombinasi antara pupuk anorganik dan pupuk organik dan/atau pupuk hayati (Kim H. Tan, 1991).

Berdasarkan pada rendahnya penggunaan pupuk organik tersebut mendorong harus adanya pengembangan produksi pupuk organik. Dari beberapa bahan baku pembuatan pupuk organik yang ada, salah satu yang masih memiliki potensi dan dapat dimanfaatkan baik dari ketersediaan maupun harga bahan bakunya adalah limbah air kelapa.

Kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan komoditas strategis yang memiliki peran sosial, budaya dan ekonomi dalam kehidupan masyarakat Indonesia. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki lahan tanaman kelapa terbesar di dunia dengan luas areal 3,88 juta hektar (97% merupakan perkebunan rakyat), memproduksi kelapa 3,2 juta ton. Manfaat tanaman kelapa tidak saja terletak pada daging buahnya, tetapi seluruh bagian tanaman kelapa mempunyai manfaat yang besar yaitu mulai dari batang pohon, sabut, tempurung, hingga air kelapa.

Air kelapa menjadi limbah diberbagai industri yang menggunakan buah kelapa sebagai bahan baku utama seperti pada industri kopra maupun penggunaan kelapa sebagai bahan baku sampingan seperti pada industri makanan yang hanya menggunakan daging buah kelapa untuk diambil santannya. Limbah air kelapa yang dihasilkan mengandung mineral yang masih dapat dimanfaatkan.

Sebagai negara yang beriklim tropis, pohon kelapa tumbuh dengan subur dan *massive* di Indonesia. Produksi air kelapa cukup berlimpah di Indonesia yaitu mencapai lebih dari 1 sampai 900 juta liter per tahun. Namun hingga saat ini pemanfaatan limbah air kelapa belum dilakukan dengan maksimal. Limbah air kelapa yang tidak diolah lebih lanjut dapat menimbulkan polusi asam asetat yang terbentuk akibat dari air kelapa yang terfermentasi oleh mikroba. Hal ini menunjukkan bahwa air kelapa dapat menjadi media tumbuh dan berkembang biaknya mikroba. Air kelapa mengandung sejumlah zat gizi, yaitu protein, lemak, gula, sejumlah vitamin, asam amino, dan hormon pertumbuhan. Kandungan gula yang terdapat dalam air kelapa inilah yang menjadi sumber makanan bagi mikroba. Kadar gula dalam air kelapa yaitu 3 gram per 100 ml air kelapa, kemudian menurun seiring dengan bertambahnya umur buah kelapa (Onifade, 2003; Warisno, 2004).

Pembuatan pupuk organik cair dengan bahan baku utama limbah air kelapa ini melalui proses fermentasi. Proses fermentasi secara sederhana dapat diartikan proses penguraian zat kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana. Proses fermentasi yang berlangsung dengan bantuan mikroba dan bahan bioaktivator. Bioaktivator berfungsi untuk menguraikan senyawa terikat didalam tanah serta menjaga kelangsungan hidup mikroorganisme menguntungkan didalam tanah sehingga dengan penambahan aktivator ini maka pengomposan dapat berjalan dengan lebih cepat. Sedangkan pada pembuatan pupuk cair ini memanfaatkan jamur *Aspergillus niger* dan juga bakteri *Pseudomonas putida*.

I.2 Rumusan masalah

Permasalahan yang mendasari dalam penelitian ini adalah:

1. Pemanfaatan limbah air kelapa
2. Meningkatkan nilai tambah limbah air kelapa sebagai pupuk organik cair

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memanfaatkan limbah air kelapa
2. Mempelajari pengaruh ratio bioaktivator (EM4), *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* pada limbah air kelapa untuk peningkatan unsur hara
3. Mengamati hasil pertumbuhan tanaman cabai, tomat, dan terung yang menggunakan pupuk organik cair dari limbah air kelapa.

I.4 Manfaat Penelitian

Mengetahui kinerja pupuk organik cair dari limbah air kelapa yang dikombinasikan dengan bioaktivator (EM4), *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida*. dengan metode aerob terhadap peningkatan unsur hara pupuk organik cair.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Unsur Hara

II.1.1 Unsur Hara Makro

Unsur hara makro adalah unsur – unsur yang dibutuhkan tanaman dalam konsentrasi tinggi di dalam tanah yaitu antara lain meliputi karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg) dan belerang (S).

A. Nitrogen (N)

Unsur nitrogen dengan lambang unsur N, sangat berperan dalam pembentukan sel tanaman, jaringan, dan organ tanaman. Nitrogen memiliki fungsi utama sebagai bahan sintesis klorofil, protein, dan asam amino. Oleh karena itu unsur nitrogen dibutuhkan dalam jumlah yang cukup besar, terutama pada saat pertumbuhan memasuki fase vegetatif. Bersama dengan unsur fosfor (P), nitrogen ini digunakan dalam mengatur pertumbuhan tanaman secara keseluruhan.

Terdapat 2 bentuk nitrogen, yaitu amonium (NH_4) dan nitrat (NO_3). Berdasarkan sejumlah penelitian para ahli, membuktikan amonium sebaiknya tidak lebih dari 25% dari total konsentrasi nitrogen. Jika berlebihan, sosok tanaman menjadi besar tetapi rentan terhadap serangan penyakit. Nitrogen yang berasal dari amonium akan memperlambat pertumbuhan karena mengikat karbohidrat sehingga pasokan sedikit. Dengan demikian cadangan makanan sebagai modal untuk berbunga juga akan minimal. Akibatnya tanaman tidak mampu berbunga. Seandainya yang dominan adalah nitrogen bentuk nitrat, maka sel-sel tanaman akan kompak dan kuat sehingga lebih tahan penyakit. Untuk mengetahui kandungan N dan bentuk nitrogen dari pupuk bisa dilihat dari kemasan.

Nitrogen diserap oleh tanaman dalam bentuk NO_3^- (nitrat) atau NH_4^+ (ammonium). Jumlahnya tergantung kondisi tanah. Nitrat lebih banyak terbentuk jika tanah hangat, lembab, dan aerasi baik. Penyerapan nitrat lebih banyak pada pH rendah sedangkan ammonium pada pH netral. Senyawa nitrat umumnya bergerak menuju akar karena aliran massa, sedangkan senyawa ammonium karena bersifat tidak *mobile* sehingga selain melalui aliran massa juga melalui difusi.

Nitrogen dibutuhkan tanaman dalam jumlah besar, umumnya menjadi faktor pembatas pada tanah-tanah yang tidak di pupuk. Unsur N sangat *mobile* dalam tanaman, dipindahkan dari daun yang tua ke daun yang muda. Kadar nitrogen rata-rata dalam jaringan tanaman adalah 2% - 4% berat kering. Dalam tanah, kadar Nitrogen sangat bervariasi tergantung pada pengelolaan dan penggunaan lahan tersebut. Untuk pertumbuhan yang optimum selama fase vegetatif, pemupukan N harus diimbangi dengan pemupukan unsur lain. Sebagai contoh, penyerapan nitrat untuk sintesis menjadi protein dipengaruhi ketersediaan K^+ . (Nugraha, 2010)

Nitrogen juga penting sebagai penyusun enzim yang sangat besar peranannya dalam proses metabolisme tanaman, karena enzim tersusun dari protein. Sebagai pelengkap bagi peranannya dalam sintesa protein, Nitrogen merupakan bagian tak terpisahkan dari molekul klorofil dan karenanya suatu pemberian N dalam jumlah cukup akan mengakibatkan pertumbuhan vegetatif yang kuat dan warna hijau segar. (Nugraha, 2010)

Ciri-ciri tanaman yang kekurangan nitrogen dapat dikenali dari daun bagian bawah. Daun pada bagian tersebut menguning karena kekurangan klorofil. Pada proses lebih lanjut, daun akan mengering dan rontok. Tulang-tulang di bawah permukaan daun muda akan tampak pucat. Pertumbuhan tanaman melambat, kerdil dan lemah. Akibatnya produksi bunga dan biji pun akan rendah. Sedangkan untuk ciri-ciri tanaman apabila unsur N-nya berlebih adalah dapat dilihat dari warna daun yang terlalu hijau dan tanaman rimbun dengan daun.

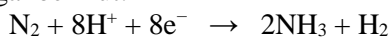
Nitrogen harus mengalami fiksasi terlebih dahulu menjadi NH_3 , NH_4 , dan NO_3 . Tahapan ini dikenal sebagai tahapan transformasi nitrogen yang merupakan bagian dari siklus nitrogen. Transformasi nitrogen mencakup:

1. Asimilasi Nitrogen

Asimilasi nitrogen anorganik (ammonia dan nitrat) dilakukan oleh tumbuhan dan mikroorganisme untuk membentuk nitrogen organik, seperti asam amino dan protein. Asimilasi merupakan penyerapan dan penggabungan dengan unsur lain membentuk zat baru dengan sifat baru (Fried dan Hademones, 2005). Nitrogen pada biomassa tumbuhan masuk ke dalam proses biokimia pada manusia dan hewan. Jumlah relatif NO_3^- dan nitrogen organik dalam xylem bergantung pada kondisi lingkungan. Apabila suatu akar tumbuhan mampu mengasimilasi N, maka dalam cairan xylem tumbuhan tersebut akan ditemukan banyak asam amino, amida, dan urine, tetapi tidak dijumpai NH_4^+ . Sedangkan jika di dalam cairan xylem sudah terkandung banyak NO_3^- maka akar tumbuhan itu tidak akan mampu mengasimilasi NO_3^- lagi.

2. Fiksasi Nitrogen

Fiksasi gas nitrogen menjadi ammonia dan nitrogen organik oleh mikroorganisme. Mikroorganisme tersebut memfiksasi nitrogen dan menyuplai ammonia yang dihasilkan langsung ke tumbuhan. Ammonia yang diserap oleh tumbuhan dikonversi menjadi asam-asam amino dan senyawa nitrogen lain melalui perantara enzim nitrogenase. Mikroorganisme yang memfiksasi nitrogen tersebut disebut *diazotrof*. Mikroorganisme ini memiliki enzim nitrogenase yang mampu menggabungkan hidrogen dan nitrogen (Moat dkk, 2002). Reaksinya adalah sebagai berikut:



3. Nitrifikasi Nitrogen

Nitrifikasi yaitu oksidasi ammonia menjadi nitrit dan nitrat. Proses ini dilakukan oleh bakteri aerob. Bakteri nitrifikasi bersifat mesofilik (suhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$). Bakteri *nitrosomonas* mengkonversi ammonia menjadi nitrit (NO_2^-). Nitrit sangat beracun bagi tumbuhan sehingga harus diubah lagi menjadi nitrat (NO_3^-). Tahapan kedua ini dibantu oleh bakteri *nitrobacter* (Fried dan Hademones, 2005).



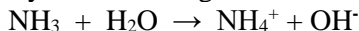
(*Nitrosomonas*)



(*Nitrobacter*)

4. Amonifikasi Nitrogen

Amonifikasi nitrogen organik untuk menghasilkan ammonia selama proses dekomposisi bahan organik. Proses ini banyak dilakukan oleh mikroba dan jamur. Reaksinya adalah sebagai berikut:



(Rosmarkam dan Yuwono, 2005).

B. Fosfor (P)

Unsur Fosfor (P) merupakan komponen penyusun dari beberapa enzim, protein, ATP, RNA, dan DNA. ATP penting untuk proses transfer energi, sedangkan RNA dan DNA menentukan sifat genetik dari tanaman. Unsur P juga berperan pada pertumbuhan benih, akar, bunga, dan buah. Pengaruh terhadap akar adalah dengan membaiknya struktur perakaran sehingga daya serap tanaman terhadap nutrisi pun menjadi lebih baik. Bersama dengan unsur kalium, fosfor dipakai untuk merangsang proses pembungaan. Hal itu wajar sebab kebutuhan tanaman terhadap fosfor meningkat tinggi ketika tanaman akan berbunga.

Ciri-ciri tanaman yang kekurangan fosfor dimulai dari daun tua menjadi keunguan dan cenderung kelabu. Tepi daun

menjadi cokelat, tulang daun muda berwarna hijau gelap. Hangus, pertumbuhan daun kecil, kerdil, dan akhirnya rontok. Fase pertumbuhan lambat dan tanaman kerdil. Sedangkan untuk kelebihan fosfor menyebabkan penyerapan unsur lain terutama unsur mikro seperti besi (Fe), tembaga (Cu), dan seng (Zn) terganggu. Namun gejalanya tidak terlihat secara fisik pada tanaman.

Tanaman menyerap fosfor dalam bentuk ion ortofosfor (H_2PO_4^-) dan ion ortofosfor sekunder (HPO_4^{2-}). Selain itu, unsur P masih dapat diserap dalam bentuk lain, yaitu bentuk pirofosfor dan metafosfor, bahkan ada kemungkinan unsur P diserap dalam bentuk senyawa organik yang larut dalam air, misalnya asam nukleat dan phitin.

Fosfor lebih banyak berada dalam bentuk anorganik dibandingkan organik. Fosfor yang diserap tanaman dalam bentuk ion anorganik cepat berubah menjadi senyawa fosfor organik. Di dalam tanah kandungan P total bisa tinggi jika dibandingkan dengan unsur hara lainnya, tetapi hanya sedikit yang tersedia bagi tanaman. Tanaman menambang fosfor tanah dalam jumlah yang lebih kecil dibandingkan nitrogen dan kalium, hal ini disebabkan oleh daya larutnya yang sangat kecil di dalam air sehingga sulit diserap oleh akar tanaman. Oleh karena itu, unsur fosfor dalam pupuk lebih baik bersifat cair dibandingkan dengan fosfor dalam bentuk padatan.

C. Kalium (K)

Unsur Kalium berperan sebagai pengatur proses fisiologi tanaman seperti fotosintesis, akumulasi, translokasi, transportasi karbohidrat, membuka menutupnya stomata, atau mengatur distribusi air dalam jaringan dan sel. Kekurangan unsur ini menyebabkan daun seperti terbakar dan akhirnya gugur.

Unsur kalium berhubungan erat dengan kalsium dan magnesium. Ada sifat antagonisme antara kalium dan kalsium. Dan juga antara kalium dan magnesium. Sifat antagonisme ini

menyebabkan kekalahan salah satu unsur untuk diserap tanaman jika komposisinya tidak seimbang. Unsur kalium diserap lebih cepat oleh tanaman dibandingkan kalsium dan magnesium. Jika unsur kalium berlebih gejalanya sama dengan kekurangan magnesium. Sebab, sifat antagonisme antara kalium dan magnesium lebih besar daripada sifat antagonisme antara kalium dan kalsium. Kendati demikian, pada beberapa kasus, kelebihan kalium gejalanya mirip tanaman kekurangan kalsium.

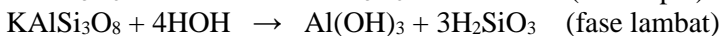
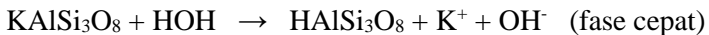
Pupuk nitrogen dan fosfor paling banyak mendapat perhatian saat pupuk buatan pertama kali muncul di pasaran. Supaya hasil tanaman meningkat, kebutuhan kalium tanah harus ditingkatkan. (Rukmi, 2009)

Dengan terdapatnya cukup kalium dalam tanah banyak hubungannya dalam pertumbuhan tanaman yang pada umumnya kuat dan lebat. Kalium dapat menambah ketahanan tanaman terhadap penyakit tertentu dan meningkatkan sistem perakaran, kalium cenderung menghalangi efek rebah (*lodging*) tanaman dan melawan efek buruk yang disebabkan oleh terlalu banyaknya nitrogen. Kalium bekerja berlawanan dengan pengaruh kematangan yang dipercepat oleh fosfor. Secara garis besar kalium memberikan efek keseimbangan, baik pada nitrogen maupun pada fosfor dan karena itu penting terutama dalam pupuk campuran (Rukmi, 2009).

Kalium penting untuk perkembangan klorofil, meskipun ia tidak (seperti magnesium) memasuki susunan molekulnya. Daun tanaman menderita kekurangan kalium, tepinya menjadi kering dan berwarna kuning coklat sedang permukaannya mengalami klorotik tidak teratur di sekitar tepi daun. Sebagai akibat dari kerusakan ini fotosintesa sangat terganggu dan sintesa boleh dikatakan menjadi terhenti. Kalium juga dapat berfungsi untuk meningkatkan kadar karbohidrat dan gula dalam buah, meningkatkan kualitas buah karena bentuk, kadar, dan warna yang lebih baik, membuat biji tanaman menjadi lebih berisi dan padat (Rukmi, 2009).

Pada dasarnya unsur kalium (K) dalam tanah berasal dari mineral-mineral yang terdiri dari mineral primer tanah seperti feldspar dalam bentuk KAlSi_3O_8 (sumber utama), mika yang terbagi dalam bentuk biotit $((\text{H,K})_2(\text{M,Fe})_2\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3)$ dan muskovit $(\text{H}_2\text{KAl}_3(\text{SiO}_4)_3)$; mineral sekunder tanah yaitu illit (hidrous mika), vermikulit, khlorit, dan mineral tipe campuran. Selain itu, sisa tanaman dan pupuk kandang juga dapat menjadi sumber kalium yang cukup penting.

Pelapukan mineral kalium terdapat dalam dua bentuk, yaitu proses pelapukan secara fisik dengan cara menghancurkan batuan induk sehingga ukuran partikelnya menjadi lebih halus dan luas permukaannya menjadi lebih besar, dan pelapukan dengan cara kimia yaitu lepasnya K^+ dari mineral tanah dengan proses hidrolisis dan portolisis (asidolisis). Zat asam yang penting pada proses hidrolisis kalium adalah H_2CO_3 dan asam-asam organik hasil dekomposisi bahan organik. Reaksi yang terjadi pada proses hidrolisis dari mineral primer feldspar adalah sebagai berikut:



Kalium ditemukan dalam jumlah banyak di dalam tanah, tetapi hanya sebagian kecil yang digunakan oleh tanaman yaitu yang larut dalam air. Kalium dapat ditemukan dalam tanah, baik dalam bentuk-bentuk organik maupun anorganik. Unsur K diserap dalam bentuk K^+ . Bila tanaman sama sekali tidak diberi K, maka asimilasi akan terhenti. Unsur hara K termasuk kedalam golongan yang mempunyai tingkat mobilitas sangat tinggi yang artinya dapat disalurkan pada bagian tanaman dengan baik.

II.1.2 Unsur Hara Mikro

Unsur Hara Mikro merupakan unsur – unsur yang diperlukan tanaman dalam jumlah/konsentrasi yang sangat rendah. Yang termasuk dalam unsur hara mikro yaitu: besi (Fe), mangan (Mn), seng (Zn), tembaga (Cu) dan chlor (Cl). Unsur hara tersebut dinamakan unsur hara esensial, maka harus ada

meskipun dalam jumlah sedikit. Hal ini disebabkan unsur hara tersebut mempunyai fungsi yang spesifik dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Untuk meningkatkan kadar unsur hara makro dalam tanah sudah biasa dilakukan yaitu dengan pemberian pupuk buatan. Tetapi untuk unsur hara mikro karena dibutuhkan dalam jumlah sedikit dan harus ada untuk pertumbuhan tanaman, maka penambahannya harus hati-hati karena jika kelebihan dapat bersifat racun bagi tanaman. (Sudarmi, 2013)

Secara umum fungsi unsur hara mikro adalah:

- Sebagai penyusun jaringan tanaman
- Sebagai katalisator (*stimulant*)
- Mempengaruhi proses oksidasi dan reduksi tanaman
- Membantu mengatur kadar asam
- Mempengaruhi nilai osmotik tanaman
- Membantu pertumbuhan tanaman

II.2 Pupuk Organik Cair

Pupuk adalah material yang ditambahkan pada media tanam atau tanaman untuk mencukupi kebutuhan hara yang diperlukan tanaman sehingga mampu berproduksi dengan baik. Material pupuk dapat berupa bahan organik ataupun non-organik (mineral). Pupuk berbeda dengan suplemen.

Pupuk digolongkan menjadi dua jenis berdasarkan sumber bahan penyusunnya, yaitu pupuk organik/alami dan pupuk kimia/sintetis. Pupuk organik adalah semua sisa bahan tanaman, pupuk hijau, dan kotoran hewan yang mempunyai kandungan unsur hara yang rendah. Pupuk organik tersedia setelah zat tersebut mengalami proses pembusukan oleh mikroorganisme. Contoh pupuk organik yaitu sebagai berikut :

1. Pupuk Kompos

Pupuk kompos merupakan bahan-bahan organik yang telah mengalami pelapukan, seperti jerami, alang-alang, sekam padi, dan lain-lain termasuk kotoran hewan. Sebenarnya pupuk hijau dan seresah dapat dikatakan

sebagai pupuk kompos. Tetapi sekarang sudah banyak spesifikasi mengenai kompos. Biasanya orang lebih suka menggunakan limbah atau sampah domestik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan dan bahan yang dapat diperbaharui yang tidak tercampur logam dan plastik. Hal ini juga diharapkan dapat menanggulangi adanya timbunan sampah yang menggunung serta mengurangi polusi dan pencemaran di perkotaan.

2. Pupuk Hijau

Pupuk hijau terbuat dari tanaman atau komponen tanaman yang ditanamkan ke dalam tanah. Jenis tanaman yang banyak digunakan adalah dari familia Leguminosae atau kacang-kacangan dan jenis rumput-rumputan (rumput gajah). Jenis tersebut dapat menghasilkan bahan organik lebih banyak, daya serap haranya lebih besar dan mempunyai bintil akar yang membantu mengikat nitrogen dari udara.

3. Pupuk Kandang

Para petani terbiasa membuat dan menggunakan pupuk kandang sebagai pupuk karena murah, mudah pengerjaannya, begitu pula pengaruhnya terhadap tanaman. Penggunaan pupuk ini merupakan manifestasi penggabungan pertanian dan peternakan yang sekaligus merupakan syarat mutlak bagi konsep pertanian. Pupuk kandang mempunyai keuntungan sifat yang lebih baik daripada pupuk organik lainnya apalagi dari pupuk anorganik, yaitu pupuk kandang merupakan humus banyak mengandung unsur-unsur organik yang dibutuhkan di dalam tanah. Oleh karena itu dapat mempertahankan struktur tanah sehingga mudah diolah dan banyak mengandung oksigen.

4. Pupuk Seresah

Pupuk seresah merupakan suatu pemanfaatan limbah atau komponen tanaman yang sudah tidak terpakai. Misal jerami kering, bonggol jerami, rumput

tebasan, tongkol jagung, dan lain-lain. Pupuk seresah sering disebut pupuk penutup tanah karena pemanfaatannya dapat secara langsung, yaitu ditutupkan pada permukaan tanah di sekitar tanaman.

5. Pupuk Cair

Pupuk organik bukan hanya berbentuk padat dapat berbentuk cair seperti pupuk anorganik. Pupuk cair sepertinya lebih mudah dimanfaatkan oleh tanaman karena unsur-unsur di dalamnya sudah terurai dan tidak dalam jumlah yang terlalu banyak sehingga manfaatnya lebih cepat terasa. Bahan baku pupuk cair dapat berasal dari pupuk padat dengan perlakuan perendaman. Setelah beberapa minggu dan melalui beberapa perlakuan, air rendaman sudah dapat digunakan sebagai pupuk cair.

Pupuk organik cair adalah larutan dari pembusukan bahan-bahan organik yang berasal dari sisa tanaman, kotoran hewan, dan manusia yang kandungan unsur haranya lebih dari satu unsur. Kelebihan dari pupuk organik ini adalah dapat secara cepat mengatasi defisiensi hara, tidak masalah dalam pencucian hara, dan mampu menyediakan hara secara cepat. Dibandingkan dengan pupuk cair anorganik, pupuk organik cair umumnya tidak merusak tanah dan tanaman walaupun digunakan sesering mungkin. Selain itu, pupuk ini juga memiliki bahan pengikat, sehingga larutan pupuk yang diberikan ke permukaan tanah bisa langsung digunakan oleh tanaman. Dengan menggunakan pupuk organik cair dapat mengatasi masalah lingkungan dan membantu menjawab kelangkaan dan mahalnya harga pupuk anorganik saat ini.

Berikut ini merupakan persyaratan teknis minimal pupuk organik cair berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia tahun 2011.

Tabel II.1 Standar Kualitas Pupuk Organik Cair Berdasarkan
Peraturan Menteri Pertanian RI

Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik Cair Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian RI Nomor 70/Permentan/SR. 140/10/2011 Tentang: Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenah Tanah Tanggal: 25 Oktober 2011			
No	Parameter	Satuan	Standar Mutu
1	C - organik	%	minimal 6
2	Bahan ikutan: (plastik, kaca, kerikil, endapan)	%	maksimal 2
3	Kadar logam berat: - As - Hg - Pb - Cd	ppm	maksimal 2,5 maksimal 0,25 maksimal 12,5 maksimal 0,5
4	pH		4 - 6
5	Kadar unsur hara makro: - N - P ₂ O ₅ - K ₂ O	%	3 - 6 3 - 6 3 - 6
6	Mikroba konten: - <i>E. coli</i> , - <i>Salmonella</i> sp.	MPN/ml	maksimal 10 ² maksimal 10 ²

7	Kadar unsur hara mikro:	ppm	
	- Fe total		90 - 900
	- Fe tersedia		5 - 50
	- Mn		250 - 5000
	- Cu		250 - 5000
	- Zn		250 - 5000
	- B		125 - 2500
	- Co		5 - 20
	- Mo		2 - 10

(Peraturan Menteri Pertanian RI, 2011)

Pupuk organik cair dalam pemupukan jelas lebih merata, tidak akan terjadi penumpukan konsentrasi pupuk di satu tempat. Selain itu juga pupuk organik cair ini mempunyai kelebihan dapat secara cepat mengatasi defisiensi hara dan tidak bermasalah dalam pencucian Hara juga mampu menyediakan hara secara cepat.

Pupuk organik cair merupakan salah satu jenis pupuk yang banyak beredar di pasaran. Pupuk organik cair selain dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, juga membantu meningkatkan produksi tanaman, meningkatkan kualitas produk tanaman, mengurangi penggunaan pupuk anorganik dan sebagai alternatif pengganti pupuk kandang. Adapun beberapa kelebihan dan manfaat dari pupuk organik cair, yaitu:

- Dapat mendorong dan meningkatkan pembentukan klorofil daun dan pembentukan bintil akar pada tanaman leguminosae sehingga meningkatkan kemampuan fotosintesis tanaman dan penyerapan nitrogen dari udara.

- Dapat meningkatkan vigor tanaman sehingga tanaman menjadi kokoh dan kuat, meningkatkan daya tahan tanaman terhadap kekeringan, cekaman cuaca dan serangan patogen penyebab penyakit.
- Merangsang pertumbuhan cabang produksi.
- Meningkatkan pembentukan bunga dan bakal buah, serta
- Mengurangi gugurnya daun, bunga dan bakal buah.

Pemberian pupuk organik cair harus memperhatikan konsentrasi atau dosis yang diaplikasikan terhadap tanaman. Berdasarkan beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik cair melalui daun memberikan pertumbuhan dan hasil tanaman yang lebih baik daripada pemberian melalui tanah. Semakin tinggi dosis pupuk yang diberikan maka kandungan unsur hara yang diterima oleh tanaman akan semakin tinggi, begitu pula dengan semakin seringnya frekuensi aplikasi pupuk daun yang dilakukan pada tanaman, maka kandungan unsur hara juga semakin tinggi.

(Indriani, 2003)

Namun, pemberian dengan dosis yang berlebihan justru akan mengakibatkan timbulnya gejala kelayuan pada tanaman. Oleh karena itu, pemilihan dosis yang tepat perlu diketahui oleh para peneliti maupun petani dan hal ini dapat diperoleh melalui pengujian-pengujian di lapangan.

Menurut Indriani (2003), ada beberapa faktor yang mempengaruhi pada proses pembuatan pupuk cair antara lain:

1. Komposisi bahan

Pembuatan pupuk cair dari beberapa macam bahan akan lebih baik dan lebih cepat. Pembuatan pupuk bahan organik dari tanaman akan lebih cepat bila ditambah dengan kotoran hewan.

2. Jumlah mikroorganisme

Dengan semakin banyaknya jumlah mikroorganisme maka proses pembuatan pupuk cair diharapkan akan semakin cepat.

3. Suhu

Faktor suhu sangat berpengaruh terhadap proses pembuatan pupuk karena berhubungan dengan jenis mikroorganisme yang terlibat. Suhu optimum untuk pembuatan pupuk adalah 30-50°C. Bila suhu terlalu tinggi mikroorganisme akan mati. Bila suhu relatif rendah mikroorganisme belum dapat bekerja atau dalam keadaan dorman.

4. Keasaman (pH)

Jika bahan yang dikomposkan terlalu asam, pH dapat dinaikkan dengan cara menambahkan kapur. Sebaliknya, jika nilai pH tinggi (basa) bisa diturunkan dengan menambahkan bahan yang bereaksi asam (mengandung nitrogen) seperti urea atau kotoran hewan.

II.3 Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan pupuk organik cair ini adalah limbah air kelapa. Tanaman kelapa (*Cocos nucifera*) adalah satu jenis tumbuhan dari suku aren-arenan atau areaceae adalah anggota tunggal dalam marga cocos. Tumbuhan ini dimanfaatkan hampir semua bagiannya oleh manusia sehingga dianggap sebagai tumbuhan serba guna, khususnya bagi masyarakat pesisir. Pohon dan batang tunggal, berakar serabut, tebal dan berkayu. Batang beruas-ruas namun bila sudah tua tidak terlalu tampak, khas tipe monokotil dengan pembuluh menyebar (tidak konsentrik) berkayu. Kayunya kurang baik digunakan untuk bangunan. Daun tersusun secara majemuk, menyirip sejajar tunggal, pelepa pada tangkai daun pendek, duduk pada batang, warna daun hijau kekuningan, bunga tersusun majemuk pada rangkaian yang dilindungi oleh bracte, terdapat bunga jantan dan betina, berumah satu, bunga betina terletak dipangkal karangan, sedangkan bunga jantan dibagian yang jauh dari pangkal. Buah besar, diameter 10 cm - 20 cm atau bahkan lebih, berwarna kuning, hijau atau coklat. Kelapa secara alami tumbuh di pantai dan pohonnya mencapai ketinggian 30 m.

Berasal dari pesisir samudera Hindia, namun kini telah tersebar di seluruh daerah tropika. Tumbuhan ini dapat tumbuh hingga ketinggian 1000 m dari permukaan laut.

Berikut adalah klasifikasi ilmiah tanaman kelapa:

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Sub divisi : Angiospermae
Kelas : Monocotyledonae
Ordo : Arecales
Family : Arecaceae
Genus : *Cocos*
Spesies : *Cocos nucifera*

Air kelapa yang diperoleh dari buah kelapa (*Cocos nucifera*) sering dianggap sebagai limbah, terutama jika kita perhatikan penanganannya di pasar tradisional tempat penjualan kelapa parut, bahan ini sering dipakai sebagai air pencuci bagi kelapa yang akan diparut atau dijual dengan harga yang sangat murah, namun jika tidak laku air kelapa ini akan dibuang begitu saja. Pemanfaatannya di Indonesia paling banyak adalah sebagai bahan baku pembuatan *nata de coco*, atau diminum sebagai air segar melepas dahaga, untuk kelapa yang masih muda dan untuk memperoleh air kelapa yaitu dengan cara pengupas sabut kelapa kemudian dibela dengan cara yang sederhana.

Senyawa kimia dalam air kelapa terdiri dari unsur makro dan unsur mikro. Unsur makro dalam air kelapa adalah hidrat arang (karbohidrat) dan nitrogen (berupa protein asam amino). Karbohidrat dalam komposisi air kelapa terdiri dari sukrosa, glukosa, fruktosa, inositol, sorbitol dan lain-lain. Walaupun mengandung gula (fruktosa, sukrosa dan glukosa), air kelapa terbukti aman untuk dikonsumsi penderita diabetes. Sedangkan nitrogen dalam air kelapa terdiri dari asam amino (kadarnya dalam air kelapa sangat tinggi melebihi kandungan asam amino yang ditemukan dalam susu sapi). Asam amino dalam air kelapa sendiri terdiri dari beberapa senyawa seperti alanine, serin, arginine, sistin dan alin. Senyawa-senyawa dalam asam amino ini

sangat bermanfaat untuk metabolisme tubuh. Bahkan arginine dalam asam amino berguna untuk membantu pengobatan sel tubuh yang terkena tumor/kanker.

Sedangkan unsur mikro dalam komposisi air kelapa berupa kalium (potassium), kalsium, ferum, natrium, sulfur, fosfor, magnesium, sodium, klor dan cuprum. Semua mineral-mineral ini sangat bermanfaat bagi proses metabolisme manusia. Mineral-mineral ini adalah zat elektrolit pengganti cairan tubuh. Itulah mengapa air kelapa disebut juga minuman isotonik alami.

Selain itu, penelitian terhadap kandungan air kelapa pun menemukan adanya kadar vitamin C yang mengandung senyawa asam seperti asam folat (berfungsi untuk meningkatkan jumlah sel darah putih dalam tubuh yang nantinya berhubungan dengan daya tahan system imun), asam nikotinat, bitin, riboflavin dan asam pantotenat. Vitamin C bersama-sama senyawa dalam asam amino bermanfaat untuk kecantikan yaitu untuk membentuk jaringan kolagen dalam bentuk kulit.

Bahkan diketemukan pula adanya kandungan vitamin B kompleks dalam komposisi air kelapa. Manfaat vitamin B kompleks bagi tubuh kita adalah untuk mengatasi gejala stress, depresi dan kelelahan tubuh. Serta berguna untuk mencegah gangguan organ jantung, kerusakan sistem syaraf, darah rendah (anemia) dan gangguan pada indera pengelihat. Air kelapa juga serupa dengan ASI karena mengandung asam lauric yang bersifat antibakteri, antimikroba dan anti jamur. Itulah mengapa air kelapa bukan hanya merupakan minuman penyegar tubuh, namun juga dipercaya sebagai obat bagi beberapa keluhan penyakit.

II.4 Mikroorganisme

II.4.1 Jamur *Aspergillus niger*

Aspergillus niger merupakan jamur multiseluler (mempunyai inti lebih dari satu) yang membentuk benang-benang hifa / filament. Kumpulan dari hifa disebut misellium yang membentuk suatu anyaman. Hifa yang dibentuk ada yang

bersekat ataupun tidak bersekat. Hifa yang berada di atas permukaan media disebut hifa aerial yang berfungsi sebagai alat perkembangbiakan. Hifa yang berada di dalam media disebut hifa vegetatif berfungsi sebagai alat untuk menyerap makanan. Secara makroskopik (pada media SGA+Antibiotik) jamur yang berbentuk mold membentuk koloni yang berserabut / granuler koloninya tampak kasar (rough).

Aspergillus niger termasuk kelas *Acomycestes*, ordo *Aspergillales* (*Plectascales*), keluarga *Aspergillaceae*, genus *Aspergillus*. *Aspergillus niger* termasuk ke dalam golongan jamur pelarut fosfat. Jamur pelarut fosfat dapat digunakan sebagai pupuk hayati atau biofertilizer yang merupakan hasil dari rekayasa bioteknologi di bidang ilmu tanah. *Aspergillus niger* mempunyai kemampuan melarutkan senyawa-senyawa fosfat yang sukar larut menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman dengan cara menghasilkan asam-asam organik sehingga ketersediaan P menjadi lebih cepat. Dengan memanfaatkan *Aspergillus niger* maka dapat dilihat dari kelompok jamur mana yang menunjukkan kemampuan melarutkan fosfat yang lebih baik. (Marbun,2013)

Aspergillus niger mempunyai bagian yang khas yaitu hifanya yang berseptat, spora yang bersifat aseksual dan tumbuh memanjang diatas stigma, mempunyai sifat aerobik, sehingga dalam pertumbuhannya memerlukan oksigen dalam jumlah yang cukup. *Aspergillus niger* dapat tumbuh pada suhu 35°C-37°C (optimum), 6°C-8°C (minimum), 45°C-47°C (maksimum). Kisaran pH yang dibutuhkan 2,8 - 8,8 dengan kelembaban 80-90%. Habitat *Aspergillus niger* kosmopolit di daerah tropis dan subtropis, mudah didapatkan dan diisolasi dari udara, tanah dan air.

II.4.2 Bakteri *Pseudomonas putida*

Bakteri *Pseudomonas putida* dimasukkan dalam famili Pseudomonadaceae dan mudah ditemukan di tanah, air dan pada permukaan yang bersentuhan dengan tanah atau air.

Pseudomonas putida diketahui mampu memanfaatkan senyawa hidrokarbon aromatik seperti toluen, xilen dan metil benzoat sebagai satu-satunya sumber karbon. Ciri-ciri penting *Pseudomonas putida* antara lain adalah berbentuk batang, gram negatif, tidak berspora, sebagian besar bergerak aktif, dan aerob. Motilitas bakteri ini menggunakan satu atau beberapa flagela yang polar. Temperatur pertumbuhan optimumnya adalah 25-30°C (termasuk kelompok mesofilik). (Chasanah, 2007)

Tipe bakteri *Pseudomonas* di alam dapat sebagai biofilm yang menempel pada beberapa permukaan atau substrat, atau dalam bentuk planktonik sebagai organisme uniseluler, aktif berenang/melayang-layang dengan flagela. Metabolismenya dengan respirasi tidak pernah dengan fermentasi, tetapi dapat tumbuh tanpa adanya oksigen bila tersedia NO₃ sebagai akseptor elektron.

Beberapa penelitian mengemukakan bahwa bakteri *Pseudomonas putida* mampu meningkatkan unsur P larut yang ada di dalam medium AlPO₄ dan batuan posfat sebanyak 6 sampai 19 kali lipat lebih banyak, tetapi mampu melarutkan FePO₄. *Pseudomonas putida* juga mampu meningkatkan P terekstrak pada tanah masam sampai 50%, sedangkan pada tanah bereaksi basa *Pseudomonas putida* mampu meningkatkan P yang terekstrak sebesar 10%. (Elfiati, 2005)

II.4.3 Effective Microorganism 4 (EM4)

Professor Teuro Higa dari Universitas Ryukyus, Jepang adalah orang yang menemukan bahwa mikroba dapat dicampur dalam sebuah kultur dan secara fisiologis mikroba ini cocok satu dengan yang lainnya. Lalu ketika kultur ini diberikan pada lingkungan alam, setiap individu bersinergi dan berdampak positif ke alam.

Teknologi ini adalah teknologi budidaya pertanian untuk meningkatkan kesehatan dan kesuburan tanah dan tanaman dengan menggunakan mikroorganisme yang memiliki manfaat sebagai berikut:

- Meningkatkan dan menjaga produktivitas tanah
- Menguraikan senyawa/unsur terikat di dalam tanah menjadi tersedia bagi tanaman
- Meningkatkan kesehatan tanaman
- Menekan proses pencucian unsur penting dalam tanah
- Memecah akumulasi senyawa kimia (toksisitas) yang teresidu dalam tanah
- Mengurangi pelepasan gas dan panas pada proses pembusukan bahan organik
- Menjaga kelangsungan hidup mikroorganisme yang menguntungkan didalam tanah

EM4 merupakan campuran dari mikroorganisme bermanfaat yang terdiri dari lima kelompok, 10 Genus 80 Spesies dan setelah di lahan menjadi 125 Spesies. EM4 berupa larutan coklat dengan pH 3,5 - 4,0. Terdiri dari mikroorganisme aerob dan anaerob. Kandungan mikroorganisme utama dalam EM4 yaitu antara lain:

1. Bakteri Fotosintetik (*Rhodospseudomonas* sp.)

Bakteri ini mandiri dan swasembada, membentuk senyawa bermanfaat (antara lain, asam amino, asam nukleik, zat bioaktif dan gula yang semuanya berfungsi mempercepat pertumbuhan) dari sekresi akar tumbuhan, bahan organik dan gas-gas berbahaya dengan sinar matahari dan panas bumi sebagai sumber energi. Hasil metabolisme ini dapat langsung diserap tanaman dan berfungsi sebagai substrat bagi mikroorganisme lain sehingga jumlahnya terus bertambah.

2. Bakteri asam laktat (*Lactobacillus* sp.)

Dapat mengakibatkan kemandulan (sterilizer) mikroorganisme yang merugikan, oleh karena itu bakteri ini dapat menekan pertumbuhan; meningkatkan percepatan perombakan bahan organik; menghancurkan bahan organik seperti lignin dan selulosa serta memfermentasikannya tanpa menimbulkan senyawa beracun yang ditimbulkan dari pembusukan bahan organik. Bakteri ini dapat menekan pertumbuhan fusarium, yaitu

mikroorganisme merugikan yang menimbulkan penyakit pada lahan/ tanaman yang terus menerus ditanami.

3. Ragi / Yeast (*Saccharomyces* sp)

Melalui proses fermentasi, ragi menghasilkan senyawa bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman dari asam amino dan gula yang dikeluarkan oleh bakteri fotosintetik atau bahan organik dan akar-akar tanaman. Ragi juga menghasilkan zat-zat bioaktif seperti hormon dan enzim untuk meningkatkan jumlah sel aktif dan perkembangan akar. Sekresi ragi adalah substrat yang baik bakteri asam laktat dan *Actinomycetes*

4. *Actinomycetes*

Actinomycetes menghasilkan zat-zat anti mikroba dari asam amino yang dihasilkan bakteri fotosintetik. Zat-zat anti mikroba ini menekan pertumbuhan jamur dan bakteri. *Actinomycetes* hidup berdampingan dengan bakteri fotosintetik bersama-sama meningkatkan mutu lingkungan tanah dengan cara meningkatkan aktivitas anti mikroba tanah.

5. Jamur Fermentasi (*Aspergillus* dan *Penicilium*)

Jamur fermentasi menguraikan bahan secara cepat untuk menghasilkan alkohol, ester dan zat anti mikroba. Pertumbuhan jamur ini membantu menghilangkan bau dan mencegah serbuan serangga dan ulat-ulat merugikan dengan cara menghilangkan penyediaan makanannya. Tiap spesies mikroorganisme mempunyai fungsi masing-masing tetapi yang terpenting adalah bakteri fotosintetik yang menjadi pelaksana kegiatan EM4 terpenting. Bakteri ini di samping mendukung kegiatan mikroorganisme lainnya juga memanfaatkan zat-zat yang dihasilkan mikroorganisme lain.

Tabel II.2 Peranan Mikroorganisme serta Manfaat pada Tanaman

No	Mikroorgansime	Peran	Pengaruh ke Tanaman
1	<i>Aspergillus niger</i>	Pelarut posfat	Mempercepat proses pembuahan
2	<i>Pseudomonas putida</i>	Pelarut posfat	Mempercepat proses pembungaan dan pembuahan
3	<i>Pseudomonas fluorences</i>	Pelarut posfat	Mempercepat pertumbuhan akar
4	<i>Bacillus megaterium</i>	Pelarut posfat	Mempercepat proses pembungaan dan pembuahan
5	<i>Bacillus megaterium</i> dan <i>Bacillus circulans</i>	Pelarut posfat	Merangsang pembentukan biji
6	<i>Bacillus polyxima</i> dan <i>Pseudomonas striata</i>	Pelarut posfat	Mempercepat pertumbuhan akar dan pembentukan biji
7	<i>Citrobacter intermedium</i> dan <i>Pseudomonas putida</i>	Pelarut posfat	Mempercepat proses pembungaan dan pembuahan
8	<i>Azotobacter</i>	Pengikat nitrogen	Mempersubur tanah dan mempercepat pertumbuhan akar
9	<i>Clostridium pasteurianum</i>	Pengikat nitrogen	Mempersubur tanah dan mempercepat pertumbuhan akar
10	<i>Rhodospirillum rubrum</i>	Pengikat nitrogen	Mempersubur tanah dan mempercepat pertumbuhan akar
11	<i>Rhizobium leguminosarum</i>	Pengikat nitrogen	Mempercepat pertumbuhan akar
12	<i>Bacillus mucilaginous</i>	Pelarut kalium	Mempersubur tanah dan meningkatkan daya tahan tanaman terhadap penyakit

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam skala *batch* di Laboratorium Pengolahan Limbah Industri, Departemen Teknik Kimia FTI-ITS. Bahan baku pembuatan pupuk organik cair yaitu limbah air kelapa. Mikroorganisme yang digunakan adalah jamur *Aspergillus niger* dan bakteri *Pseudomonas putida* yang dibiakkan di Laboratorium Pengolahan Limbah Industri, Departemen Teknik Kimia FTI-ITS dan juga bioaktivator berupa *Effective Microorganism 4* (EM4) diperoleh dari toko pertanian trubus, Surabaya.

III.1 Kondisi Operasi Fermentasi

- Tipe reaktor yang akan digunakan adalah *mixed batch reactor*
- Proses yang dilakukan adalah *batch process*
- Temperatur operasi = 26 - 28°C
- pH = 4 - 5
- Rate aerasi = 4 L/menit/variabel
- Lama proses fermentasi = 10 hari

III.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan:

1. Bahan baku yang digunakan adalah limbah air kelapa
2. Mikroorganisme yang digunakan pada kondisi mula-mula sebanyak 10^7 sel/mL, dimana meliputi:
 - a. EM4
 - b. *Aspergillus niger*
 - c. *Pseudomonas putida*
3. Rasio penambahan mikroorganisme:
 - a. EM4
 - b. *Aspergillus niger*
 - c. *Pseudomonas putida*
 - d. EM4 dan *Aspergillus niger* (1:1 jumlah sel/mL)
 - e. EM4 dan *Pseudomonas putida* (1:1 jumlah sel/mL)

- f. *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* (1:1 jumlah sel/mL)
 - g. EM4, *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* (1:1:1 jumlah sel/mL)
 - h. Tanpa penambahan mikroorganisme sebagai kontrol negatif
4. Tanaman uji coba:
- a. Cabai
 - b. Tomat
 - c. Terung

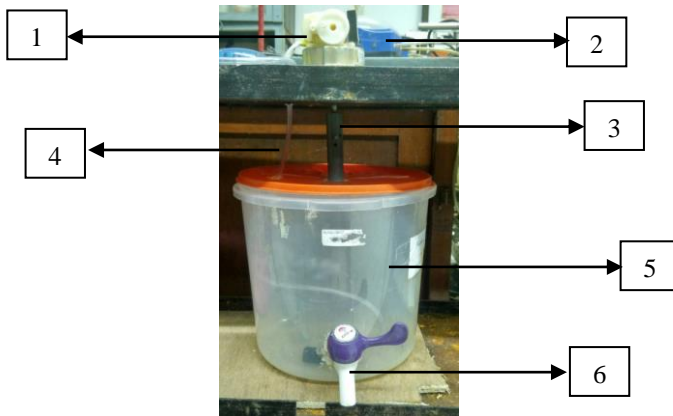
III.3 Bahan dan Peralatan

III.3.1 Bahan

- 1. Air kelapa
- 2. EM4
- 3. *Aspergillus niger*
- 4. *Pseudomonas putida*

III.3.2 Alat yang Digunakan

- 1. *Mixed batch reactor*
- 2. *Aerator*
- 3. pH meter
- 4. Termometer



Gambar III.1 Alat *mixed batch reactor*

Keterangan gambar:

1. Motor penggerak *agitator* (dinamo)
2. *Aerator*
3. *Agitator* (pengaduk)
4. Selang saluran udara
5. Reaktor
6. *Valve output*

III.4 Prosedur Penelitian

III.4.1 Tahap Persiapan

1. Persiapan Bahan
 - Pengumpulan limbah air kelapa
 - Bioaktivator EM4 dibeli di toko trubus Surabaya
 - Jamur *Aspergillus niger* dan bakteri *Pseudomonas putida* didapatkan dari Laboratorium Pengolahan Limbah Industri Teknik Kimia FTI-ITS
2. Persiapan reaktor

Reaktor yang digunakan berupa *mixed batch* yang dilengkapi dengan *aerator*. Penutup reaktor disetting tidak rapat agar udara dapat bersirkulasi.

III.4.2 Tahap Operasi

III.4.2.1 Pemiakan *Aspergillus niger* dan

Pseudomonas putida

A. Persiapan Media Tanam Mikroorganisme

a) Media NB (*Nutrient Broth*)

Pembuatan media berupa NB (*Nutrient Broth*) bertujuan untuk menyediakan sumber hara/nutrisi yang cukup bagi pertumbuhan dan perkembangan bakteri sampai siap digunakan. Prosedur pelaksanaannya antara lain:

1. Siapkan bubuk media NB sebanyak 8 gram
2. Larutkan bubuk NB ke dalam 1 liter aquadest dalam *beaker glass* sembari dipanaskan diatas *hotplate* dengan suhu 100°C dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer*
3. Setelah larut, matikan *hotplate* dan *magnetic stirrer*, kemudian lakukan sterilisasi media yang telah terbentuk menggunakan *autoclave* dengan suhu 121°C dengan tekanan 5 atm selama 15 menit

b) Media PD (*Potato Dextrose*)

Pembuatan media berupa PD (*Potato Dextrose*) bertujuan untuk menyediakan sumber hara/nutrisi yang cukup bagi pertumbuhan dan perkembangan jamur sampai siap digunakan. Prosedur pelaksanaannya antara lain:

1. Siapkan bahan baku berupa dekstrose atau glukosa, aquades 1 liter dan kentang
2. Kupas kentang dan dipotong dadu serta dicuci bersih kemudian ditimbang seberat 125 gr
3. Rebus kentang dalam 1 liter aquades hingga kentang empuk dan sarinya keluar
4. Pisahkan kentang dan air rebusan

5. Masukkan dekstrose/glukosa sebanyak 20 gram ke dalam air rebusan kentang kemudian aduk hingga larut
6. Setelah larut, kemudian lakukan sterilisasi media yang telah terbentuk menggunakan *autoclave* dengan suhu 121°C dengan tekanan 5 atm selama 15 menit

B. Pendinginan

Proses pendinginan merupakan suatu upaya penurunan suhu media tanam setelah disterilkan sehingga siap untuk digunakan sebagai tempat perkembangbiakkan mikroorganisme. Temperatur yang diinginkan adalah 27 - 35°C. Prosedur pelaksanaannya antara lain:

1. Keluarkan media NB dan PD setelah mengalami proses sterilisasi
2. Diamkan didalam ruangan sebelum dilakukan inokulasi
3. Pendinginan dilakukan hingga temperatur mencapai 27 - 35°C

C. Inokulasi Mikroorganisme

Inokulasi adalah proses pemindahan sejumlah kecil mikroorganisme dari biakan induk ke dalam media yang telah disediakan. Tujuan dari inokulasi ini adalah untuk mengembangkan mikroorganisme pada media baru sehingga menghasilkan koloni bakteri yang siap untuk digunakan. Prosedur pelaksanaan inokulasi antara lain:

1. Siapkan alat yang diperlukan seperti bunsen, jarum ose, biakan mikroorganisme dan media yang telah disiapkan
2. Panaskan jarum ose dari ujung hingga pangkal sampai kawat baja berpijar. Dinginkan ose selama 5-10 detik hingga pijaran pada jarum ose menghilang

3. Sentuhkan jarum ose pada biakan induk, kemudian celupkan pada media (NB untuk bakteri dan PD untuk jamur)
4. Panaskan mulut tabung reaksi berisi media yang telah diinokulasi untuk mencegah terjadinya kontaminasi, kemudian tutup tabung reaksi menggunakan kapas
5. Panaskan kembali jarum ose hingga berpijar untuk mematikan sisa mikroorganisme yang masih terdapat pada jarum ose sehingga steril kembali.

D. Inkubasi

Inkubasi adalah menyimpan atau menempatkan media tanam yang telah diinokulasi pada kondisi ruang tertentu agar mikroorganisme dapat tumbuh dengan baik, dalam hal ini yaitu menyimpan media NB berisi bakteri dan media PDA berisi jamur ke dalam inkubator selama 2 x 24 jam. Suhu operasi yang digunakan dijaga antara 27°C hingga 35°C.

III.4.2.2 Pembuatan Pupuk Organik Cair

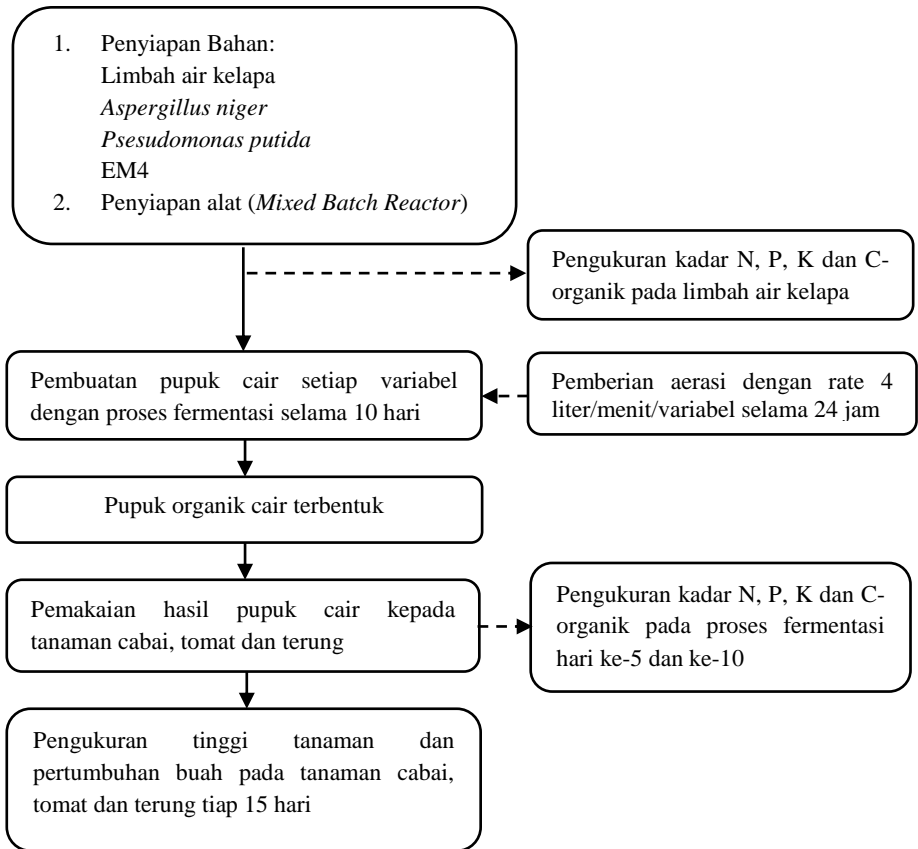
1. Limbah air kelapa yang akan digunakan sebagai media pembuatan pupuk organik cair dianalisa kadar N, P, K dan C-organik
2. Masukkan 3 liter limbah air kelapa kedalam reaktor
3. Masukkan starter mikroba berupa larutan media yang berisi mikroorganisme sebanyak 10^7 sel/ml sesuai variabel yang ditentukan sebelumnya ke dalam reaktor. Setelah itu ditutup.
4. Lakukan aerasi menggunakan bantuan aerator dengan rate 4 liter/menit/variabel selama 24 jam
5. Lakukan pengadukan secara berkala setiap hari selama proses pembentukan pupuk cair berlangsung (10 hari).
6. Pengecekan kandungan N, P, K dan C-organik dilakukan pada proses fermentasi hari ke-5 dan ke-10

III.4.2.3 Penggunaan Pupuk Organik Cair Pada Tanaman Cabai, Tomat dan Terung

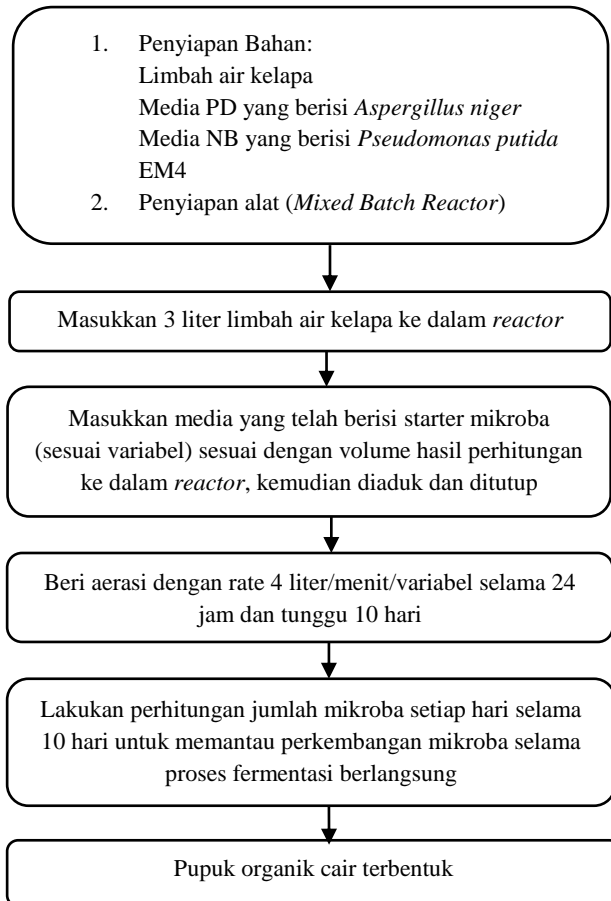
Setelah pupuk organik cair terbentuk, selanjutnya pupuk cair tersebut digunakan sebagai pupuk pada tanaman uji coba yaitu cabai, tomat dan terung. Selanjutnya dilakukan beberapa pengukuran diantaranya:

1. Dilakukan pengukuran tinggi tanaman pada tanaman cabai, tomat dan terung setelah diberikan pupuk cair (tiap variabel) setiap 15 hari.
2. Dilakukan pengamatan pertumbuhan buah pada tanaman cabai, tomat, dan terung setelah diberikan pupuk cair (tiap variabel) setiap 15 hari.

III.5 Skema Penelitian



Skema Pembuatan Pupuk Cair



III.6 Jadwal Kegiatan

Tabel III.1 Jadwal kegiatan

No	Kegiatan	Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi literatur																								
2	Persiapan bahan dan alat																								
3	Eksperimen																								
4	Analisa hasil eksperimen																								
5	Pengerjaan laporan																								

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai hasil penelitian dan pembahasan sesuai dengan pokok permasalahan dan ruang lingkup penelitian yaitu mempelajari tentang pemanfaatan limbah air kelapa, pengaruh rasio bioaktivator (EM4), *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* pada limbah air kelapa untuk peningkatan unsur hara makro serta mengamati hasil pertumbuhan tanaman uji coba (cabai, tomat dan terung) yang menggunakan pupuk organik cair dari limbah air kelapa.

IV.1 Hasil Penelitian

Berikut adalah data hasil penelitian berupa analisa serta persen kenaikan unsur hara makro yaitu N, P, K dan C-organik selama proses pembuatan pupuk organik cair baik pada saat sebelum penambahan mikroorganisme maupun setelah penambahan mikroorganisme pada hari ke-5 dan ke-10 proses fermentasi dan juga data pertumbuhan tanaman uji coba (cabai, tomat dan terung).

Tabel IV.1 Kandungan N, P, K dan C-organik pada Limbah Air Kelapa Sebelum Penambahan Mikroorganisme

Variabel	Unsur hara makro			
	N (%)	P (%)	K (%)	C-organik (%)
<i>Pseudomonas putida</i>	0,02	0,01	0,0184	0,65
<i>Aspergillus niger</i>	0,02	0,01	0,0184	0,65
EM4	0,02	0,01	0,0184	0,65
<i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	0,02	0,01	0,0184	0,65
EM4 : <i>P. putida</i>	0,02	0,01	0,0184	0,65
EM4 : <i>A. niger</i>	0,02	0,01	0,0184	0,65
EM4 : <i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	0,04	0,01	0,015	1,19
Kontrol negatif	0,04	0,01	0,015	1,19

Tabel IV.2 Kandungan N, P, K dan C-organik Setelah Proses Fermentasi Hari ke-5

Variabel	Unsur hara makro			
	N (%)	P (%)	K (%)	C-organik (%)
<i>Pseudomonas putida</i>	0,033	0,013	0,11	0,25
<i>Aspergillus niger</i>	0,028	0,016	0,14	0,32
EM4	0,037	0,013	0,14	0,64
<i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	0,031	0,04	0,13	0,52
EM4 : <i>P. putida</i>	0,03	0,016	0,12	0,5
EM4 : <i>A. niger</i>	0,032	0,02	0,13	0,5
EM4 : <i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	0,047	0,014	0,06	1
Kontrol negatif	0,038	0,01	0,06	1,4

Tabel IV.3 Kandungan N, P, K dan C-organik Setelah Proses Fermentasi Hari ke-10

Variabel	Unsur hara makro			
	N (%)	P (%)	K (%)	C-organik (%)
<i>Pseudomonas putida</i>	0,03	0,02	0,13	0,19
<i>Aspergillus niger</i>	0,03	0,012	0,08	0,2
EM4	0,03	0,012	0,07	0,48
<i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	0,04	0,021	0,12	0,46
EM4 : <i>P. putida</i>	0,03	0,016	0,1	0,2
EM4 : <i>A. niger</i>	0,03	0,011	0,08	0,56
EM4 : <i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	0,05	0,011	0,03	0,77
Kontrol negatif	0,03	0,009	0,05	1,53

Tabel IV.4 Persen Kenaikan Kandungan N, P, K dan C-organik Setelah Proses Fermentasi Hari ke-5

Variabel	Unsur hara makro			
	N (%)	P (%)	K (%)	C-organik (%)
<i>Pseudomonas putida</i>	65	30	498	-62
<i>Aspergillus niger</i>	40	60	661	-51
EM4	85	30	661	-2
<i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	55	300	607	-20
EM4 : <i>P. putida</i>	50	60	552	-23
EM4 : <i>A. niger</i>	60	100	607	-23
EM4 : <i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	18	40	300	-16
Kontrol negatif	5	0	300	-18

Tabel IV.5 Persen Kenaikan Kandungan N, P, K dan C-organik Setelah Proses Fermentasi Hari ke-10

Variabel	Unsur hara makro			
	N (%)	P (%)	K (%)	C-organik (%)
<i>Pseudomonas putida</i>	50	100	607	-71
<i>Aspergillus niger</i>	50	20	335	-69
EM4	50	20	280	-26
<i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	100	110	552	-29
EM4 : <i>P. putida</i>	50	60	443	-69
EM4 : <i>A. niger</i>	50	10	335	-14
EM4 : <i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	25	10	10	-35
Kontrol negatif	-25	-10	233	29

Tabel IV.6 Data Pertumbuhan Tanaman Uji Coba pada Cabai

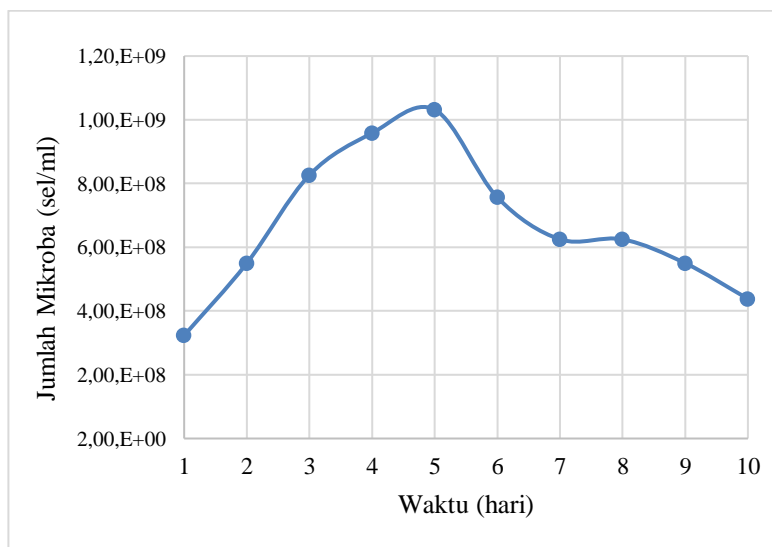
Variabel	Tinggi Tanaman (cm)			
	0 hari	15 hari	30 hari	45 hari
EM4	17,67	22,33	24,67	26,33
<i>P. putida</i>	11	16	19,33	21
<i>A. niger</i>	13	16,67	20	21,33
EM4 : <i>P. putida</i>	17,17	21,67	23,67	25,33
EM4 : <i>A. niger</i>	15,83	21	23,67	25
<i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	16	21,5	25	26,5
EM4 : <i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	14	17,33	20,33	22
Kontrol negatif	16,33	19,33	21,33	22,67
Hanya dengan air saja	16	18	20	22

Tabel IV.7 Data Pertumbuhan Tanaman Uji Coba pada Tomat

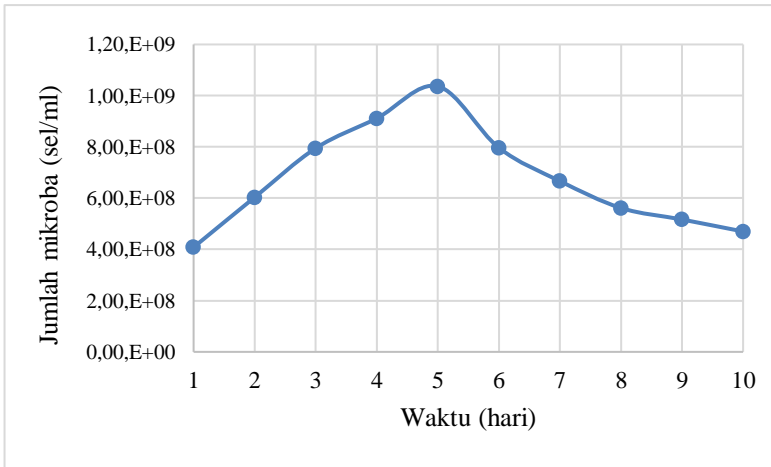
Variabel	Tinggi Tanaman (cm)			
	0 hari	15 hari	30 hari	45 hari
EM4	34,5	38	39,5	39,5
<i>P. putida</i>	36,5	39,5	41,25	41,5
<i>A. niger</i>	33,5	37	38,5	39
EM4 : <i>P. putida</i>	41	44,5	46,5	46,5
EM4 : <i>A. niger</i>	46,5	50	52	52
<i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	31	34,75	36,5	37
EM4 : <i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	34,33	37,67	39,33	39,67
Kontrol negatif	39	41,5	42,75	43,5
Hanya dengan air saja	37	38,67	39,83	40,67

Tabel IV.8 Data Pertumbuhan Tanaman Uji Coba pada Terung

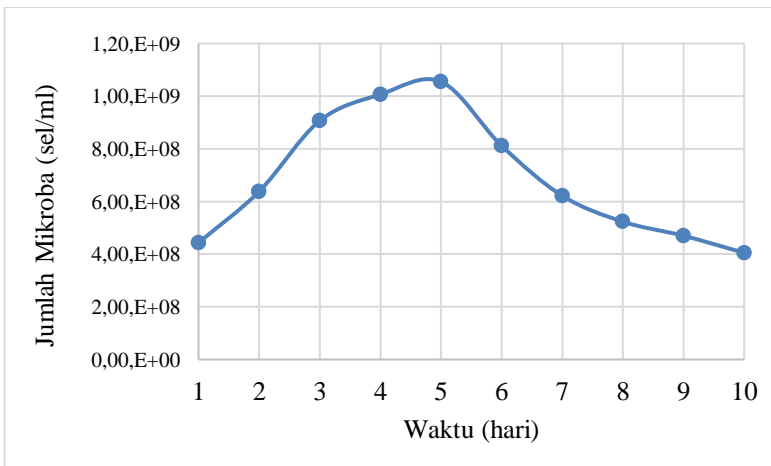
Variabel	Tinggi Tanaman (cm)			
	0 hari	15 hari	30 hari	45 hari
EM4	32,67	36	38,33	40
<i>P. putida</i>	35,33	38,67	40,67	42,5
<i>A. niger</i>	32	35,25	37,5	39
EM4 : <i>P. putida</i>	34	37,5	40	41,5
EM4 : <i>A. niger</i>	36,67	40	42	43,67
<i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	38,67	42,33	44,67	46,33
EM4 : <i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	36	39,33	41,5	43
Kontrol negatif	37,67	37,67	42,33	43,67
Hanya dengan air saja	37,33	37,33	41,33	42,67



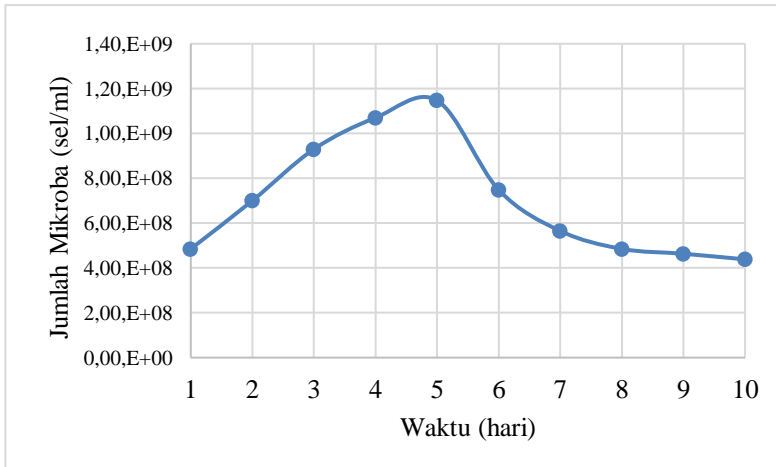
Gambar IV.1 Jumlah Sel *Aspergillus niger* Selama Proses Fermentasi



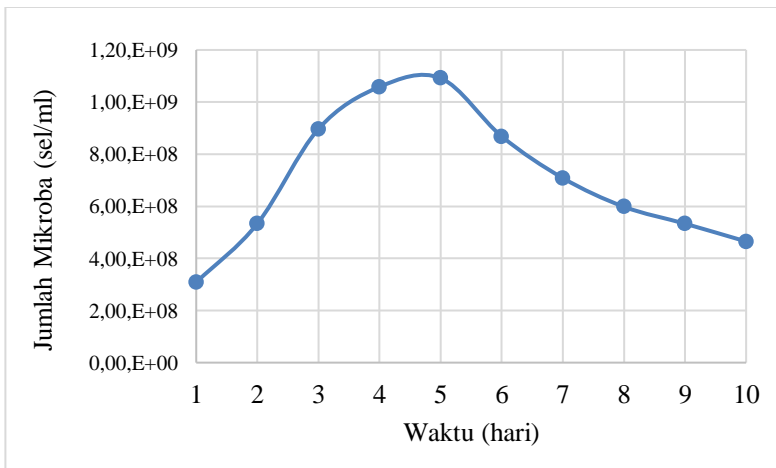
Gambar IV.2 Jumlah Sel *Pseudomonas putida* Selama Proses Fermentasi



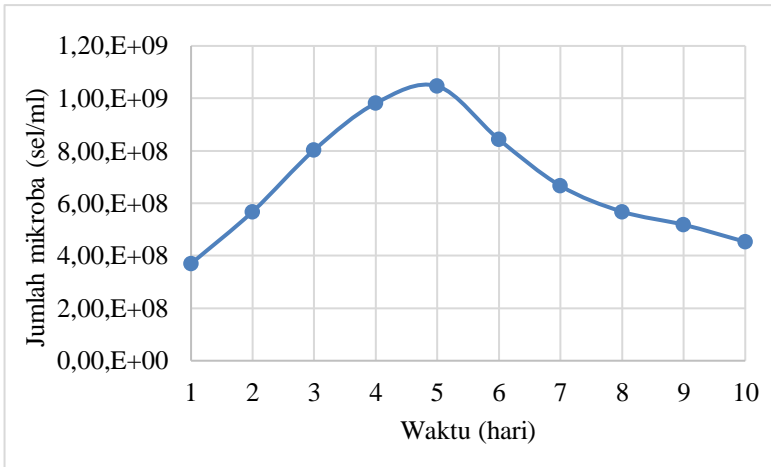
Gambar IV.3 Jumlah Sel EM4 Selama Proses Fermentasi



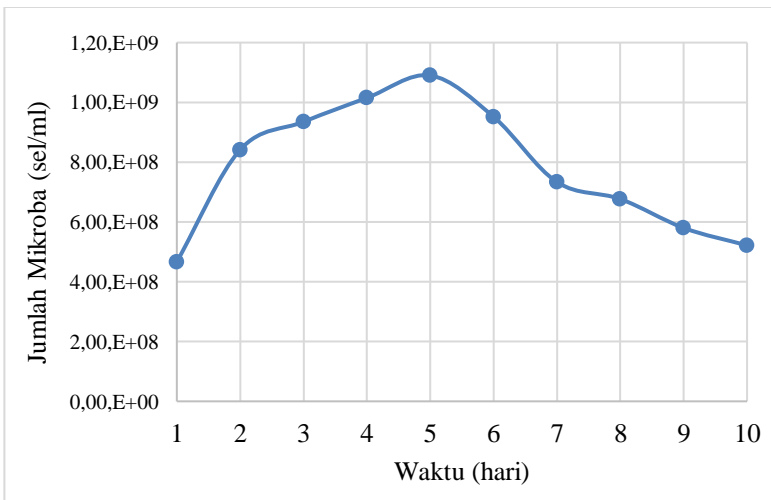
Gambar IV.4 Jumlah Sel *Aspergillus niger* : *Pseudomonas putida* Selama Proses Fermentasi



Gambar IV.5 Jumlah Sel EM4 : *Pseudomonas putida* Selama Proses Fermentasi



Gambar IV.6 Jumlah Sel EM4 : *Aspergillus niger* Selama Proses Fermentasi



Gambar IV.7 Jumlah Sel EM4 : *Aspergillus niger* : *Pseudomonas putida* Selama Proses Fermentasi

Tabel IV.9 Jumlah Buah pada Tanaman Uji Coba

Variabel	Cabai	Tomat	Terung
EM4	0	0	0
<i>Pseudomonas putida</i>	0	0	0
<i>Aspergillus niger</i>	0	0	0
EM4 : <i>Pseudomonas putida</i>	0	1	0
EM4 : <i>Aspergillus niger</i>	0	1	0
<i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	0	2	0
EM4 : <i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	0	1	0
Kontrol negatif	0	0	0
Hanya dengan air saja	0	0	0

IV.2 Pembahasan

Berdasarkan pada hasil analisa yang telah dilakukan, limbah air kelapa terbukti mengandung unsur hara makro berupa N, P, K dan C-organik. Hal tersebut menunjukkan bahwa limbah air kelapa berpotensi sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik cair. Namun kandungan N, P, K dan C-organik yang dimiliki oleh air kelapa terbilang masih rendah, itulah mengapa meskipun masih terdapat unsur hara makro pada limbah air kelapa penggunaannya sebagai pupuk pada tanaman masih sangat minim. Perlu adanya peningkatan kandungan N, P, K dan C-organik pada limbah air kelapa agar menghasilkan produk pupuk organik cair yang baik.

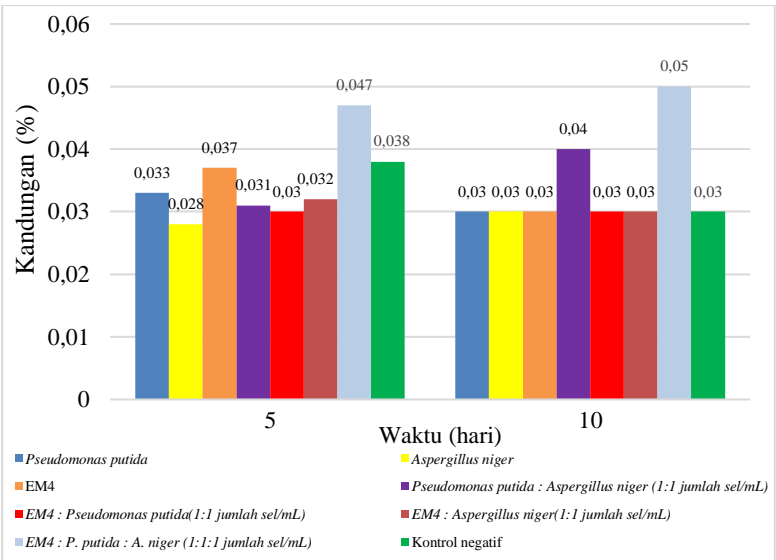
Menurut hasil penelitian terdahulu, mikroorganisme *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* terbukti mampu meningkatkan kandungan N, P dan K pada bahan baku pembuatan pupuk organik. Pembuatan pupuk organik cair

dilakukan secara alami melalui proses fermentasi yang memerlukan waktu cukup lama, oleh karena itu dilakukan penambahan bioaktivator EM4 dengan tujuan mempercepat proses fermentasi. Jumlah mikroorganisme dan bioaktivator EM4 yang ditambahkan sebagai *starter* ditentukan masing-masing sebanyak 10^7 jumlah sel/mL dengan perhitungan terlampir pada appendixs.

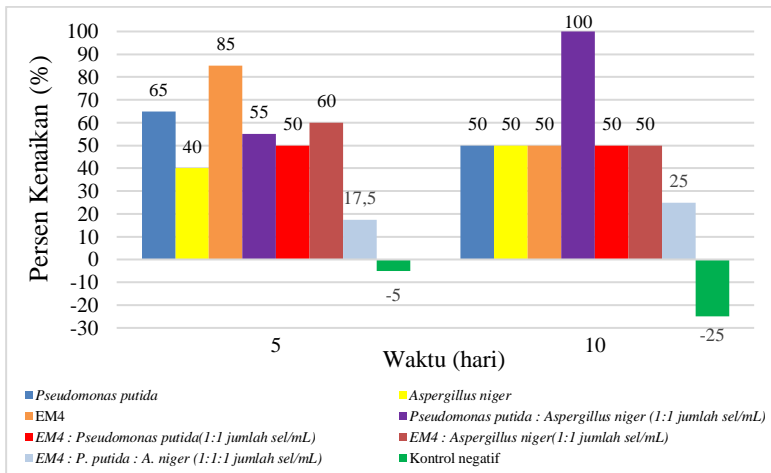
Lama proses fermentasi yang dilakukan selama 10 hari. Hal ini dikarenakan dalam waktu 10 hari mikroba telah mengalami penurunan jumlah sel, atau telah berada dalam *death fase*.

IV.2.1 Peningkatan Kandungan Nitrogen (N)

Berikut adalah hasil analisa kandungan nitrogen (N) pada pupuk organik cair yang telah terbentuk:



Gambar IV.8 Kandungan N



Gambar IV.9 Persen Kenaikan Kandungan N

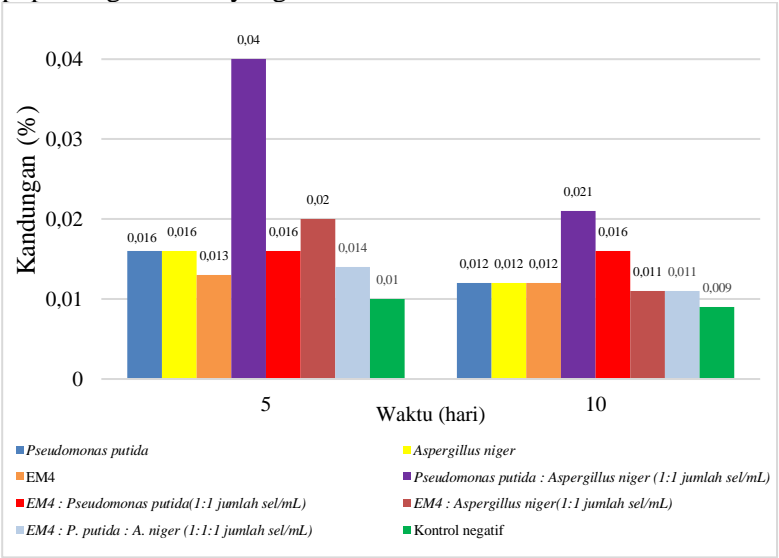
Pada **Gambar IV.9**, persen kenaikan kandungan N dihitung sejak hari ke-10 sebelum dimulai proses fermentasi. Dari hasil perhitungan kenaikan kandungan N, diketahui bahwa kandungan N pada hari ke-10 dimana proses fermentasi dihentikan, seluruh variabel telah mengalami peningkatan. Dimulai dari peningkatan yang paling rendah ditunjukkan pada variabel campuran EM4 : *Aspergillus niger* : *Pseudomonas putida* sebesar 25%, sedangkan variabel *Aspergillus niger* ; *Pseudomonas putida* ; EM4 ; campuran EM4 dengan *Aspergillus niger* ; EM4 dengan *Pseudomonas putida* ; kelimanya menunjukkan hasil peningkatan yang sama yaitu sebesar 50%, sedangkan peningkatan kandungan N tertinggi ditunjukkan pada variabel campuran antara *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* yaitu sebesar 100%. Pada variabel kontrol negatif atau tanpa penambahan mikroorganisme menunjukkan penurunan kandungan N sebesar -25%, hal ini membuktikan bahwa mikroorganisme *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* mampu meningkatkan unsur nitrogen pada limbah air kelapa.

Pada umumnya kedua mikroorganisme ini dimanfaatkan sebagai penyumbang nitrogen dan hormon pertumbuhan bagi tanaman (Marbun, 2013). Adanya penurunan kandungan N antara proses fermentasi hari ke-5 dan ke-10 dikarenakan seiring dengan menurunnya jumlah sel mikroorganisme, menurun pula perombak nitrogen sehingga dengan berlangsungnya aerasi terus-menerus, unsur N kembali berikat dengan O₂ menjadi NO₂ dan NO₃.

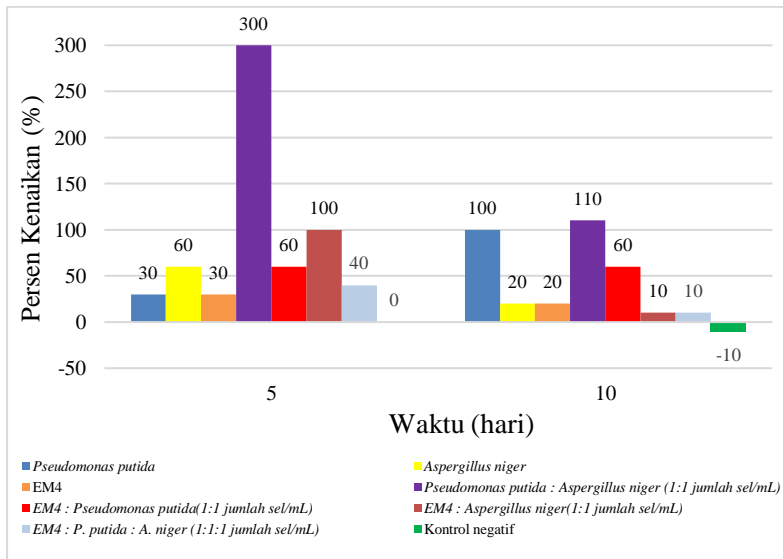
Pseudomonas putida dan *Aspergillus niger* merupakan mikroorganisme diazotrof yang dapat memfiksasi nitrogen karena memiliki enzim nitrogenase yang mampu untuk menggabungkan hidrogen dan nitrogen (Moat dkk, 2002). Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang menunjukkan bahwa seiring proses fermentasi pupuk organik cair berlangsung, kandungan unsur N akan meningkat (Day dkk, 1998).

IV.2.2 Peningkatan Kandungan Fosfor (P)

Berikut adalah hasil analisa kandungan fosfor (P) pada pupuk organik cair yang telah terbentuk:



Gambar IV.10 Kandungan P



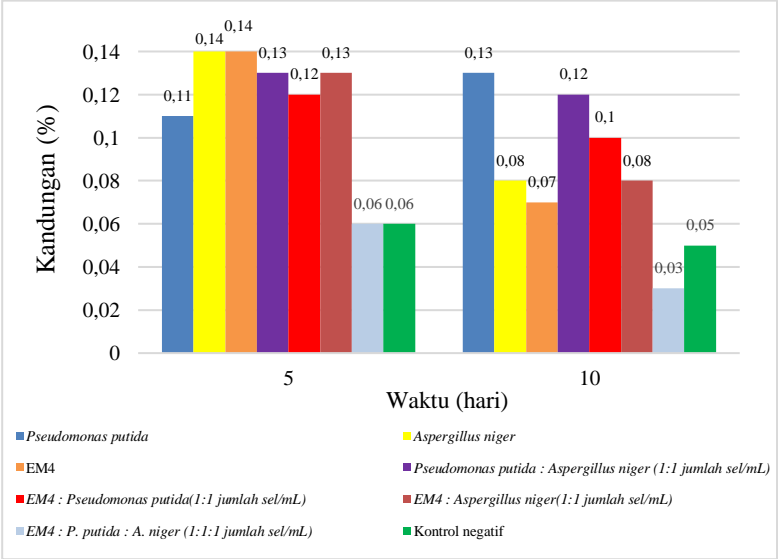
Gambar IV.11 Persen Kenaikan Kandungan P

Pada **Gambar IV.11**, persen kenaikan kandungan P dihitung sejak hari ke-0 sebelum dimulai proses fermentasi. Dari hasil perhitungan kenaikan kandungan P dimulai dari peningkatan yang paling rendah ditunjukkan pada variabel campuran antara EM4 dan *Aspergillus niger* sebesar 10%, variabel EM4 dan variabel *Aspergillus niger* keduanya menunjukkan kenaikan kandungan P yang sama yaitu sebesar 20%, pada variabel campuran antara EM4 dengan *Pseudomonas putida* menunjukkan kenaikan sebesar 60%, variabel yang hanya menggunakan *Pseudomonas putida* kandungannya mengalami kenaikan hingga 100%, sedangkan kenaikan unsur P tertinggi ditunjukkan oleh variabel campuran dua mikroorganisme yaitu *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* sebesar 110%. Sementara itu, variabel kontrol negatif atau tanpa penambahan menunjukkan adanya penurunan kadar P sebesar -10%, hal ini membuktikan bahwa mikroorganisme *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida*

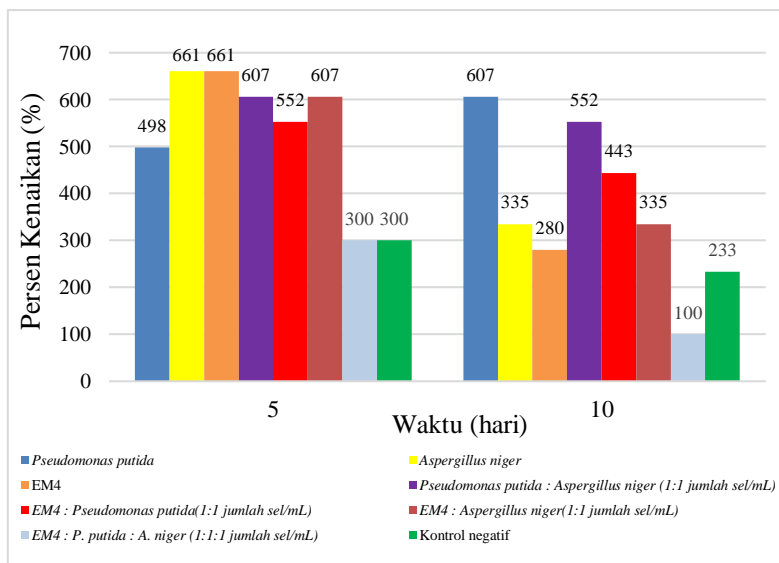
mampu meningkatkan unsur fosfor pada limbah air kelapa meskipun kenaikan yang ditunjukkan tidak terlalu signifikan. Adanya penurunan kadar P antara hari ke-5 dan ke-10 dikarenakan adanya reaksi balik pada P, seiringnya dengan berkurangnya mikroorganisme perombak P maka unsur P kembali terikat menjadi unsur kompleks. Walaupun demikian, pada umumnya kedua mikroorganisme ini dapat dimanfaatkan sebagai penyumbang fosfor dan hormon pertumbuhan bagi tanaman walau dalam jumlah kecil (Marbun, 2013). Hal ini telah sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa seiring dengan proses fermentasi pada pupuk organik, kandungan P juga akan semakin meningkat (Chandler dkk, 1980; Cooperband and Middleton, 1996; Grebus dkk, 1994; Mato dkk, 1994).

IV.2.3 Peningkatan Kandungan Kalium (K)

Berikut adalah hasil analisa kandungan kalium (K) pada pupuk organik cair yang telah terbentuk:



Gambar IV.12 Kandungan K



Gambar IV.13 Persen Kenaikan Kandungan K

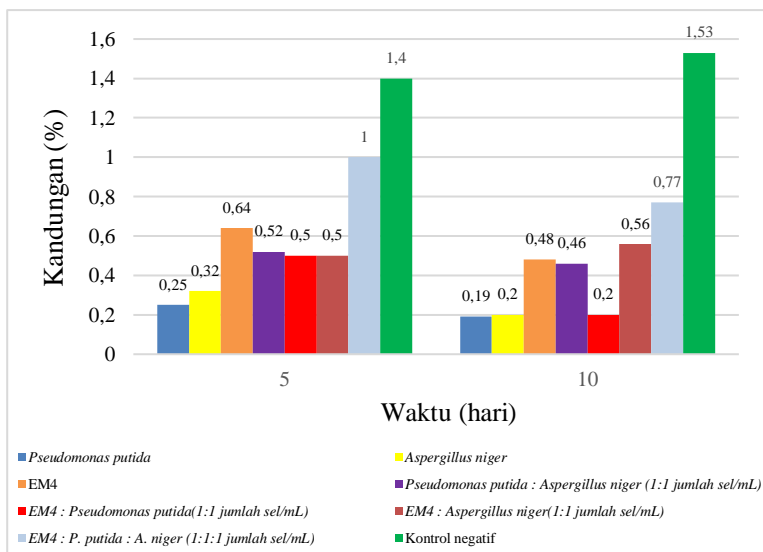
Pada **Gambar IV.13**, persen kenaikan kandungan K dihitung sejak hari ke-0 sebelum dimulai proses fermentasi. Dari hasil perhitungan kenaikan kandungan K dimulai dari peningkatan yang paling rendah ditunjukkan pada variabel campuran antara EM4 : *Aspergillus niger* : *Pseudomonas putida* mengalami kenaikan sebesar 100%, pada variabel yang hanya menggunakan EM4 menunjukkan kenaikan sebesar 280%, sementara pada variabel yang hanya menggunakan mikroorganisme *Aspergillus niger* mengalami peningkatan yang sama dengan variabel dengan campuran antara EM4 dan *Aspergillus niger* yaitu sebesar 335%, pada variabel campuran antara EM4 dengan *Pseudomonas putida* menghasilkan peningkatan unsur K sebesar 443%, variabel yang menggunakan campuran kedua mikroorganisme *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* menunjukkan kenaikan sebesar 552%, dan untuk variabel dengan kenaikan unsur K tertinggi ditunjukkan pada variabel dengan penambahan *Pseudomonas putida* yaitu

sebesar 607%. Pada variabel kontrol negatif atau tanpa penambahan mikroorganisme apapun, kandungan K tetap mengalami kenaikan meskipun tidak dalam jumlah signifikan, yaitu sebesar 233%. Hal ini disebabkan karena adanya mikroorganisme bawaan yang telah ada di dalam limbah air kelapa, sehingga unsur K yang terdapat pada air kelapa dapat terfiksasi selama proses fermentasi. Meningkatnya unsur K disebabkan karena terjadinya reaksi hidrolisis dan portolisis yaitu lepasnya K^+ dari mineral bawaan bahan organik. Adanya penurunan kandungan K pada hari ke-10 dikarenakan adanya reaksi balik pada K, sehingga unsur K terikat kembali.

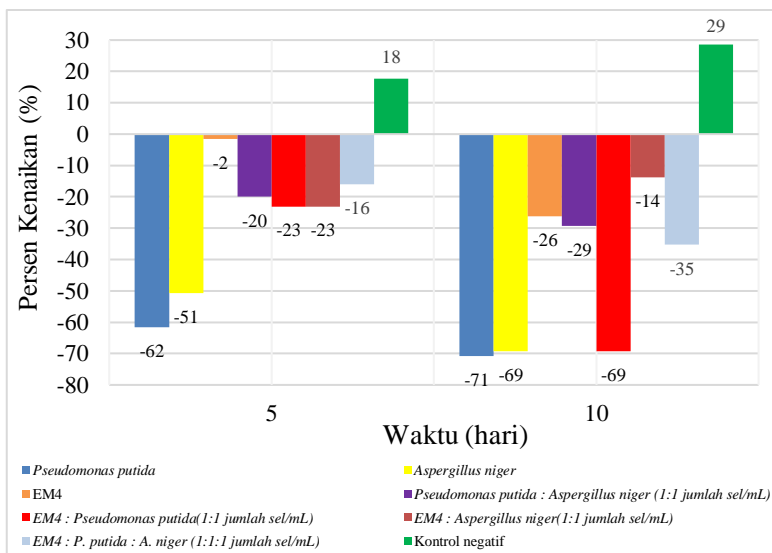
IV.2.4 Penurunan Kandungan Karbon Organik (C-organik)

Sumber primer bahan organik adalah jaringan tanaman berupa akar, batang, ranting, daun, dan buah. Bahan organik dihasilkan oleh tumbuhan melalui proses fotosintesis sehingga unsur karbon merupakan penyusun utama dari bahan organik tersebut. Unsur karbon ini berada dalam bentuk senyawa-senyawa polisakarida, seperti selulosa, hemiselulosa, pati, dan bahan-bahan pektin dan lignin.

Berikut adalah hasil analisa kandungan unsur karbon organik (C-organik) pada pupuk organik cair yang telah terbentuk:



Gambar IV.14 Kandungan C-organik



Gambar IV.15 Persen Kenaikan Kandungan C-organik

Dari **Gambar IV.15** diketahui bahwa kandungan C-organik pada hari ke-10 dimana proses fermentasi dihentikan, seluruh variabel telah mengalami penurunan kecuali pada variabel kontrol negatif, apabila dibandingkan dengan kandungan pada limbah air kelapa sebelum proses fermentasi. Dimulai dari penurunan yang paling rendah ditunjukkan pada variabel campuran antara EM4 dan *Aspergillus niger* dengan penurunan sebesar 14%, kemudian untuk variabel EM4 sebesar 26%, variabel campuran antara mikroorganisme *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* mengalami penurunan sebesar 29%, variabel dengan campuran EM4 : *Aspergillus niger* : *Pseudomonas putida* mengalami penurunan unsur C-organik sebesar 35%, sedangkan pada variabel dengan penambahan *Aspergillus niger* saja dan variabel dengan penambahan EM4 : *Pseudomonas putida* keduanya mengalami penurunan sebesar 69%, dan untuk variabel dengan penurunan unsur C-organik terbesar yaitu terjadi pada variabel dengan penambahan *Pseudomonas putida* sebesar 71%. Pada variabel kontrol negatif atau tanpa penambahan mikroorganisme apapun justru menunjukkan adanya peningkatan kandungan C-organik, hal ini disebabkan karena tidak adanya mikroorganisme tambahan yang menggunakan C-organik pada air kelapa sebagai bahan makanan untuk meningkatkan metabolisme mikroorganisme serta sebagai sumber energi untuk berkembang biak.

Mikroorganisme saling berinteraksi dengan kebutuhannya akan bahan organik karena bahan organik menyediakan karbon sebagai sumber energi untuk tumbuh. Dengan tersedianya makanan yang mencukupi bagi mikroorganisme, kegiatan jasad mikro dalam membantu dekomposisi bahan organik meningkat. Bahan organik segar akan dicerna oleh berbagai mikroorganisme yang ada dan selanjutnya didekomposisikan. Dekomposisi berarti perombakan yang dilakukan oleh sejumlah mikroorganisme dari senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana. Semakin banyak bahan organik yang tersedia dalam suatu media, maka semakin baik pula pertumbuhan mikroorganisme didalamnya.

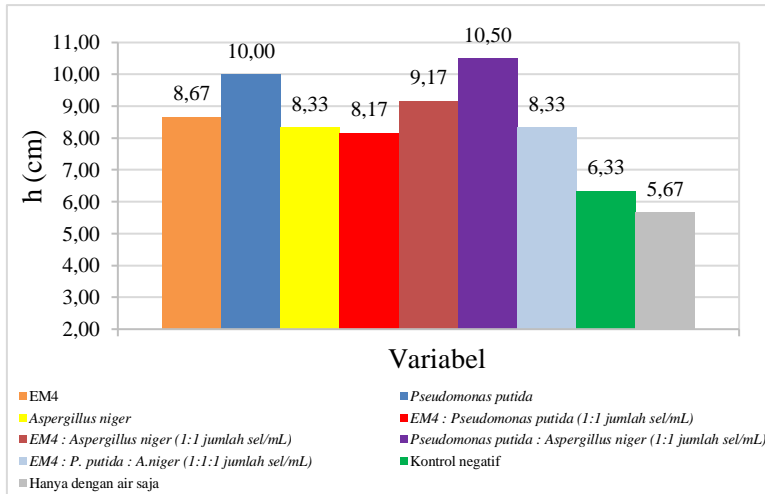
Secara garis besar, berdasarkan hasil penelitian yang telah dicapai, variabel yang menunjukkan hasil terbaik adalah variabel dengan menggunakan campuran mikroorganisme *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* dengan kenaikan kadar N sebesar 100%, kadar P sebesar 110%, kadar K sebesar 552% dan penurunan kadar C-organik sebesar 29%.

IV.2.5 Pengamatan Pertumbuhan pada Tanaman Uji Coba (Cabai, Tomat dan Terung)

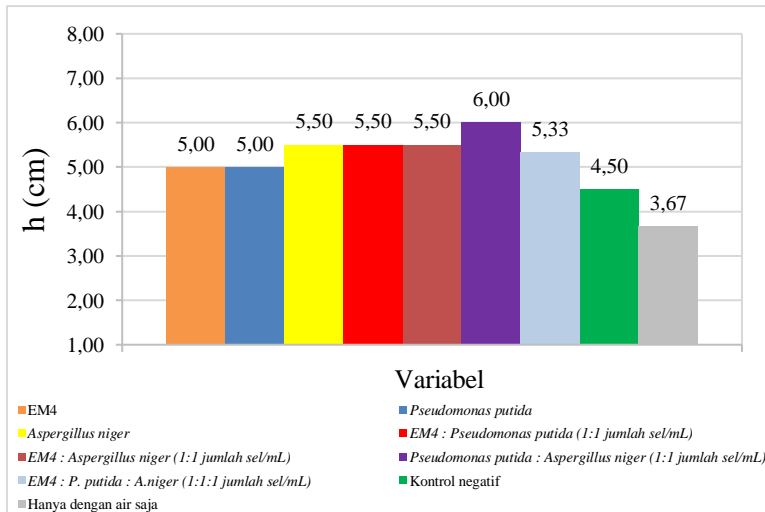
Setelah proses pembuatan pupuk organik selesai, dilakukan uji coba penggunaan produk pupuk organik cair pada tanaman cabai, tomat dan terung yang kemudian akan dilakukan pengamatan pada masing-masing tanaman terkait pertumbuhan tinggi dan perkembangan fisik (daun dan buah) pada tanaman.

Tanaman uji coba dicatat tinggi awal ($T = 0$ hari) dan diamati kondisi awal sebelum dilakukan penyemprotan menggunakan pupuk organik cair. Kemudian penyemprotan pupuk organik cair dilakukan setiap 2 hari sekali pada waktu sore hari. Untuk setiap kali penyemprotan digunakan sebanyak 10 ml setiap variabel dan masing-masing diencerkan menggunakan aquades hingga mencapai volume 20 ml. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan setiap 15 hari dan dicatat perubahan yang telah tercapai.

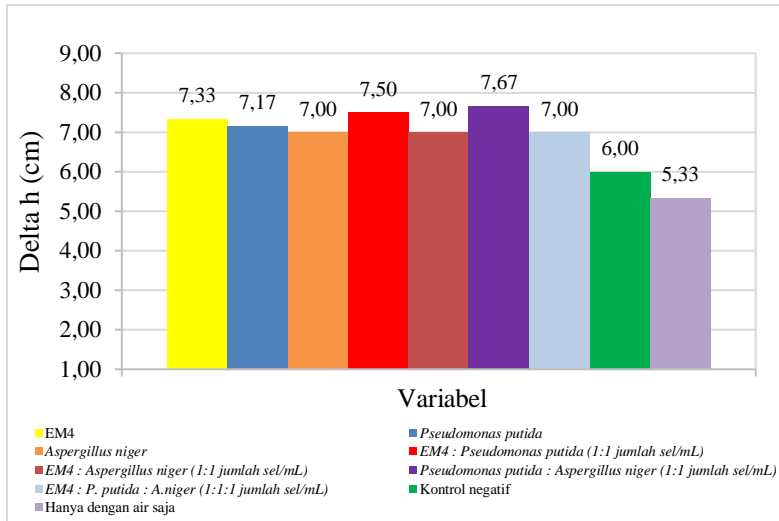
Berikut adalah hasil kenaikan pertumbuhan tinggi pada tanaman uji coba (cabai, tomat dan terung) setelah ditreatment menggunakan pupuk organik cair selama 45 hari:



Gambar IV.16 Perubahan Tinggi pada Tanaman Cabai Selama 45 Hari



Gambar IV.17 Perubahan Tinggi pada Tanaman Tomat Selama 45 Hari



Gambar IV.18 Perubahan Tinggi pada Tanaman Terung Selama 45 Hari

Berdasarkan **Gambar IV.5 – IV.7** dapat diketahui bahwa tanaman uji coba yang diaplikasikan menggunakan pupuk organik cair menunjukkan lebih banyak perubahan jika dibandingkan dengan tanaman uji coba yang hanya ditreatment menggunakan air saja.

Tabel IV.10 Data Perubahan Tinggi Tanaman dari Awal Hingga Akhir Pemupukan

Variabel	Delta h = (h _{45 hari} - h _{0 hari}) (cm)		
	Cabai	Tomat	Terung
EM4	8,67	5	7,33
<i>P. putida</i>	10	5	7,17
<i>A. niger</i>	8,33	5,5	7
EM4 : <i>P. putida</i>	8,17	5,5	7,5
EM4 : <i>A. niger</i>	9,17	5,5	7
<i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	10,5	6	7,67
EM4 : <i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	8,33	5,33	7
Kontrol negatif	6,33	4,5	6
Hanya dengan air saja	5,67	3,67	5,33

Berdasarkan **Tabel IV.9** dapat diketahui bahwa hasil pertumbuhan paling signifikan ditunjukkan oleh tanaman uji coba yang ditreatment menggunakan pupuk organik cair variabel *Aspergillus niger* : *Pseudomonas putida*. Pada pengamatan perkembangan buah yang terjadi pada ketiga jenis tanaman uji coba menunjukkan hasil yang berbeda setiap variabelnya. Perkembangan paling pesat dialami oleh tanaman yang ditreatment menggunakan pupuk organik cair variabel campuran *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* ditunjukkan dengan fisik buah yang sudah berubah warna (matang). Sementara untuk kedelapan variabel lainnya, perkembangan buah belum mencapai perubahan warna (belum matang), ditunjukkan pada foto tanaman uji coba terlampir. Dalam waktu 45 hari belum ada panen buah meskipun telah ada tanaman yang berbuah.

Hal ini membuktikan bahwa variabel dengan menggunakan campuran kedua mikroorganisme *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* menghasilkan produk pupuk organik cair paling efektif jika dibandingkan dengan variabel yang lain.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dicapai, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Limbah air kelapa dapat dimanfaatkan menjadi pupuk organik cair melalui proses fermentasi dengan penambahan mikroorganisme *Aspergillus niger*, *Pseudomonas putida* dan bioaktivator EM4.
2. Berdasarkan variabel yang telah ditentukan, diketahui bahwa variabel yang menghasilkan peningkatan kadar unsur hara makro N, P dan K terbaik adalah variabel campuran *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* (1:1 jumlah sel/mL) dengan peningkatan unsur N sebesar 100%, peningkatan unsur P sebesar 110% dan peningkatan pada unsur K sebesar 552%.
3. Setelah dilakukan *treatment* pada tanaman uji coba menggunakan produk pupuk organik cair, diketahui bahwa pertumbuhan dan perkembangan paling pesat ditunjukkan pada tanaman yang *ditreatment* menggunakan pupuk organik cair variabel campuran *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* (1:1 jumlah sel/mL) dengan pertumbuhan batang (Δh) pada tanaman cabai sebesar 10,5 cm; pada tanaman tomat sebesar 6 cm dan pada tanaman terung sebesar 7,67 cm. Perkembangan buah paling pesat dialami oleh tanaman yang *ditreatment* menggunakan pupuk organik cair variabel campuran *Aspergillus niger* dan *Pseudomonas putida* ditunjukkan dengan fisik buah yang sudah berubah warna (matang). Sementara untuk kedelapan variabel lainnya, perkembangan buah belum mencapai perubahan warna (belum matang).

V.2 Saran

Dalam penelitian pembuatan pupuk organik dari limbah air kelapa selanjutnya, hendaknya lebih dipertimbangkan lagi waktu proses fermentasinya, dan untuk pengamatan pada tanaman uji coba hendaknya dilakukan lebih menyeluruh, bukan hanya mengukur tinggi tanaman namun juga menghitung jumlah daun, perkembangan buah, dan kondisi fisik lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Chasanah, 2007. *Efektivitas Biofilm Pseudomonas putida dengan Medium Pendukung Pipa PVC dan Tempurung Kelapa untuk Menurunkan Kadar Kromium (Cr) Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Day, M., M. Krzymien, K. Shaw, L. Zaremba, W.R. Wilson, C. Botden, and B. Thomas. 1998. *An investigation of the chemical and physical changes occuring during commercial composting*. *Compost Science & Utilization* 6(2):44–66.
- Dwicaksono, Marsetyo Ramadhany Bagus, Bambang Suharto dan Liliya Dewi Susanawati. 2013. *Pengaruh Penambahan Effective Microorganisme pada Limbah Cair Industri Perikanan terhadap Kualitas Pupuk Cair Organik*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Elfiati, 2005. *Peranan Mikroba Pelarut Posfat terhadap Pertumbuhan Tanaman*. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Finstein, M.S., F.C. Miller, and P.F. Strom. 1986. *Waste Treatment Composting as A Controlled System*, p. 363–398. In: W. Schenborn (ed.). *Biotechnology, Vol. 8-Microbial Degradations*. VCH Verlagsgesellschaft [German Chemical Society]: Weinheim F.R.G.
- Han, Y.W. 1974. *The Problem of Rice Straw Waste A Possible Feed through Fermentation*. Louisiana State University Baton Rouge, Louisiana
- Hasanah, R. U. dan Enhaperdhani, D. 2016. *Pembuatan Pupuk Organik Dari Campuran Limbah Padat Bioetanol, Limbah Pertanian Jagung dan Limbah Kulit Pisang Menggunakan Bioaktivator EM4 dan Aspergillus Niger*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Indriani. 2003. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Jakarta: Penebar Swadaya.

- Lampiran I Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 70/Permentan/SR.140//10/2011 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenah Tanah.
- Lampiran I Peraturan Menteri Pertanian No 28/Permentan/SR.1305/2009
- Marbun, Posma, Hardy Guchi dan Putri Juli Artha. 2013. *Efektifitas Aspergillus niger dan Penicillium sp. dalam Meningkatkan Ketersediaan Fosfat dan Pertumbuhan Tanaman Jagung pada Tanah Andisol*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Morisaki, N., C.G. Phae, K. Nakasaki, M. Shoda, and H. Kubota. 1989. *Nitrogen transformation during thermophilic composting*. *Journal of Fermentation and Bioengineering* 1:57–61
- Muhamad, E. dan Rizal, P. F. 2015. *Pengaruh Penambahan Aktivator (EM4) dan Azotobacter pada Pembuatan Kompos dari Jerami dan Sekam Padi Sisa Media Tanam Jamur Tiram Putih (Pleurotus Ostreatus Var Florida)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nugraha, Yoga Maula. 2010. *Kajian Penggunaan Pupuk Organik dan Jenis Pupuk terhadap Kadar N Tanah, Serapan N dan Hasil Tanaman Sawi (Brassica juncea L.) pada Tanah Litosol Gemolong*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Onifade, A, Agboola, K. 2003. *Effect of Fungal Infection Proximate Nutrient Composition of Coconut Agriculture and Environment*.
- Polprasert, C. 1989. *Organic Waste Recycling*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, United Kingdom.
- Rukmi. 2009. *Pengaruh Pemupukan Kalium dan Fosfat terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai*. Kudus: Universitas Muria Kudus.
- Sudarmi. 2013. *Pentingnya Unsur Hara Mikro bagi Pertumbuhan Tanaman*. Sukoharjo: Universitas Veteran Bangun Nusantara.

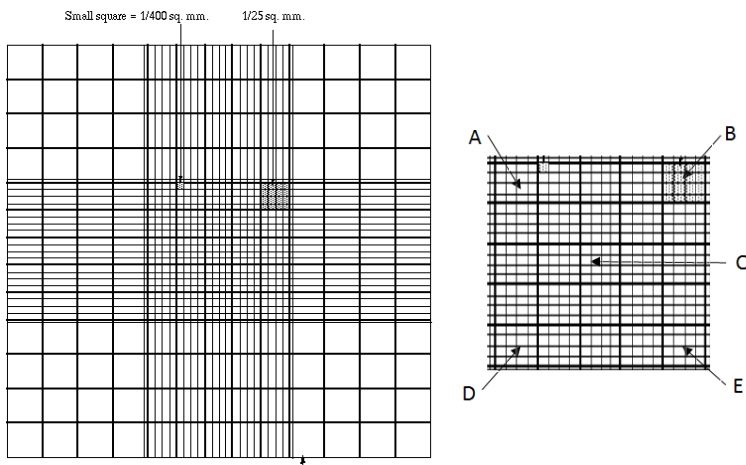
- Tan, K. H. 1991. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Diterjemahkan oleh Didiek Hadjar Goenadi. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Thompson, H.C. and W.C. Kelly. 1957. *Vegetable Crops*. 5th edition. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1996. *Soil Fertility and Fertilizers*. Macmillan, New York.
- Warisno. 2004. *Mudah dan Praktis Membuat Nata de Coco*. Media Pustaka. Jakarta.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

APPENDIKS A

A.1 Perhitungan Jumlah Sel dengan Metode *Counting Chamber*

Pada metode ini digunakan hemasitometer. Hemasitometer adalah suatu alat untuk menghitung sel secara cepat dan digunakan untuk konsentrasi sel yang rendah. Alat ini adalah tipe khusus dari *microscope slide* yang terdiri dari dua *chamber*, dimana terbagi atas 9 area ($1,0 \text{ mm} \times 1,0 \text{ mm}$) satuan luas dan terpisahkan oleh tiga garis. Luas area masing-masing 1 mm^2 . *Deck glass* digunakan untuk menutup bagian atas dengan ketebalan $0,1 \text{ mm}$. Hemasitometer diletakkan di atas tempat objek pada mikroskop dan digunakan untuk menghitung jumlah suspensi.



Gambar A.1 Pembagian Area Kotak Perhitungan Hemasitometer

A.1.1 *Pseudomonas putida*

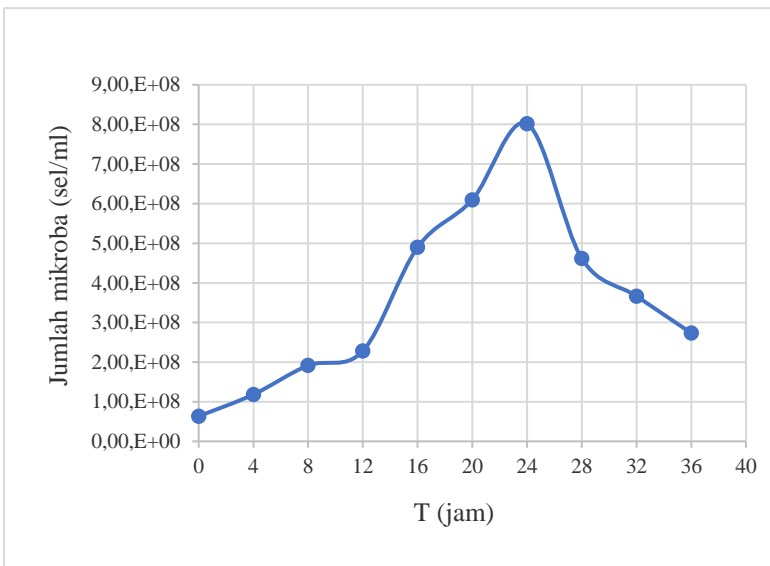
Contoh perhitungan jumlah sel *Pseudomonas putida* variabel waktu 0 jam dari **Tabel A.1** :

$$\begin{aligned}\text{Jumlah sel rata-rata} &= \frac{\text{Total/kotak}}{3} \\ &= \frac{2,4+2,6+2,6}{3} = 2,53 \text{ sel/kotak} \\ \text{Jumlah sel per kotak} &= \frac{\text{jumlah sel rata-rata}}{\frac{1}{25} \times 0,1} \\ &= \frac{2,53 \text{ sel per kotak}}{\frac{1}{25} \times 0,1} = 633,33 \text{ sel/mm}^3 \\ \text{Jumlah sel} &= \text{Jumlah sel per kotak} \times \frac{1}{1000} \\ &= 633.330 \text{ sel/mL} \\ \text{Jumlah sel keseluruhan} &= \text{Jumlah sel} \times \text{faktor pengenceran (100x)} \\ &= 633.330 \text{ sel/mL} \times 100 \\ &= 6,33 \times 10^7 \text{ sel/mL}\end{aligned}$$

Tabel A.1 Data Hasil Pengamatan *Counting Chamber*
Pseudomonas putida

T (jam)	Run	Kotak (Jumlah sel)					Total per kotak	Rata- rata	Jumlah sel keseluruhan
		A	B	C	D	E			
0	1	3	3	2	2	2	2,4	2,53	$6,33 \times 10^7$
	2	1	3	2	4	3	2,6		
	3	3	3	4	2	1	2,6		
4	1	4	3	5	3	5	4	4,73	$1,18 \times 10^8$
	2	6	5	5	5	4	5		
	3	5	6	6	4	5	5,2		
8	1	6	7	7	9	8	7,4	7,67	$1,92 \times 10^8$
	2	7	9	7	8	8	7,8		
	3	8	8	7	8	8	7,8		
12	1	8	10	8	7	11	8,8	9,13	$2,28 \times 10^8$
	2	11	7	11	8	10	9,4		
	3	8	9	10	11	8	9,2		
16	1	20	18	20	19	21	19,6	19,60	$4,90 \times 10^8$
	2	16	19	21	20	21	19,4		
	3	23	17	22	19	18	19,8		
20	1	25	24	26	27	23	25	24,40	$6,10 \times 10^8$
	2	25	26	22	24	23	24		
	3	27	24	23	25	22	24,2		
24	1	31	32	34	30	33	32	32,07	$8,02 \times 10^8$
	2	30	31	33	32	34	32		
	3	31	33	35	28	34	32,2		

28	1	18	17	19	19	18	18,2	18,47	$4,62 \times 10^8$
	2	19	18	17	20	19	18,6		
	3	19	19	20	18	17	18,6		
32	1	14	17	13	15	13	14,4	14,67	$3,67 \times 10^8$
	2	15	18	13	15	14	15		
	3	15	14	15	15	14	14,6		
36	1	12	11	12	10	11	11,2	10,93	$2,73 \times 10^8$
	2	9	10	11	10	13	10,6		
	3	13	9	12	10	11	11		



Gambar A.2 Kurva Pertumbuhan *Pseudomonas putida*

A.1.2 *Aspergillus niger*

Contoh perhitungan jumlah sel *Aspergillus niger* variabel waktu 0 jam dari **Tabel A.2:**

$$\text{Jumlah sel rata-rata} = \frac{\text{Total/kotak}}{3}$$

$$= \frac{1,8+2,4+2,2}{3} = 2,13 \text{ sel/kotak}$$

$$\text{Jumlah sel per kotak} = \frac{\text{Jumlah sel rata-rata}}{\frac{1}{25} \times 0,1}$$

$$= \frac{2,53 \text{ sel per kotak}}{\frac{1}{25} \times 0,1} = 533,33 \text{ sel/mm}^3$$

$$\text{Jumlah sel} = \text{Jumlah sel per kotak} \times \frac{1}{1000}$$

$$= 533.330 \text{ sel/mL}$$

$$\text{Jumlah sel keseluruhan} = \text{Jumlah sel} \times \text{faktor pengenceran (100x)}$$

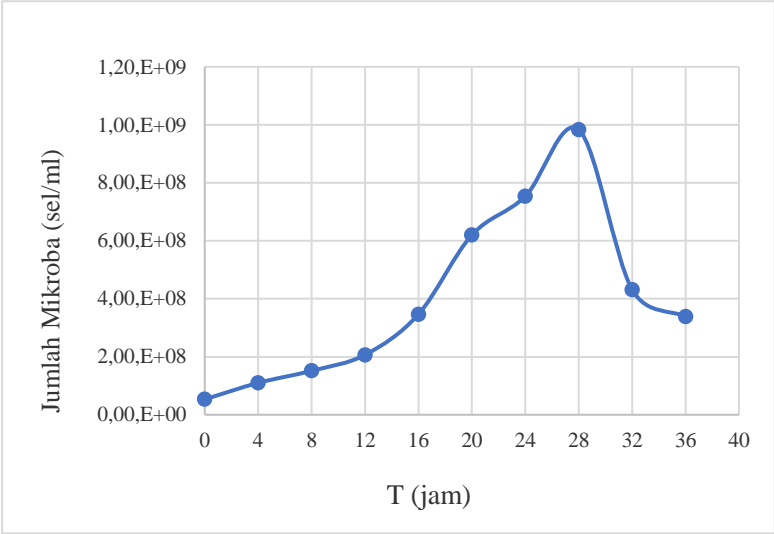
$$= 533.330 \text{ sel/mL} \times 100$$

$$= 5,33 \times 10^7 \text{ sel/mL}$$

Tabel A.2 Data Hasil Pengamatan *Counting Chamber*
Aspergillus niger

T (jam)	Run	Kotak (Jumlah sel)					Total per kotak	Rata- rata	Jumlah sel keseluruhan
		A	B	C	D	E			
0	1	1	2	2	1	3	1,8	2,13	$5,33 \times 10^7$
	2	2	3	1	3	3	2,4		
	3	2	3	1	2	3	2,2		
4	1	3	5	4	4	6	4,4	4,40	$1,10 \times 10^8$
	2	5	3	4	4	5	4,2		
	3	5	4	6	3	5	4,6		
8	1	6	5	7	6	6	6	6,07	$1,52 \times 10^8$
	2	6	8	7	5	6	6,4		
	3	7	6	5	6	5	5,8		
12	1	8	9	8	10	6	8,2	8,27	$2,07 \times 10^8$
	2	8	7	7	10	8	8		
	3	8	10	7	9	9	8,6		
16	1	11	13	14	15	14	13,4	13,87	$3,47 \times 10^8$
	2	13	15	12	16	16	14,4		
	3	12	12	15	16	14	13,8		
20	1	25	26	26	30	27	26,8	24,80	$6,02 \times 10^8$
	2	23	23	24	22	25	23,4		
	3	26	22	26	24	23	24,2		
24	1	30	31	31	35	32	31,8	30,13	$7,53 \times 10^8$
	2	28	28	29	27	30	28,4		
	3	36	27	31	29	28	30,2		

28	1	36	38	40	40	39	38,6	39,33	$9,83 \times 10^8$
	2	40	41	41	40	37	39,8		
	3	39	40	40	38	41	39,6		
32	1	16	17	18	16	19	17,2	17,27	$4,32 \times 10^8$
	2	18	17	17	16	19	17,4		
	3	16	15	19	18	18	17,2		
36	1	12	13	13	14	14	13,2	13,53	$3,38 \times 10^8$
	2	13	12	13	14	16	13,6		
	3	15	13	14	15	12	13,8		



Gambar A.3 Kurva Pertumbuhan *Aspergillus niger*

A.1.3 EM4

Contoh perhitungan jumlah sel EM4 variabel waktu 0 jam dari

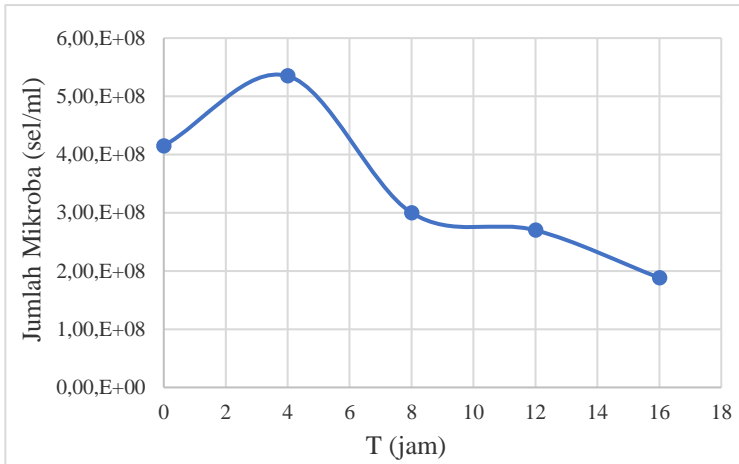
Tabel A.3:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah sel rata-rata} &= \frac{\text{Total/kotak}}{3} \\ &= \frac{16+17,4+16,4}{3} = 16,60 \text{ sel/kotak} \\ \text{Jumlah sel per kotak} &= \frac{\text{jumlah sel rata-rata}}{\frac{1}{25} \times 0,1} \\ &= \frac{2,53 \text{ sel per kotak}}{\frac{1}{25} \times 0,1} = 4.150 \text{ sel/mm}^3 \\ \text{Jumlah sel} &= \text{Jumlah sel per kotak} \times \frac{1}{1000} \\ &= 4.150.000 \text{ sel/mL}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah sel keseluruhan} &= \text{Jumlah sel} \times \text{faktor pengenceran (100x)} \\ &= 4.150.000 \text{ sel/mL} \times 100 \\ &= 4,15 \times 10^8 \text{ sel/mL}\end{aligned}$$

Tabel A.3 Data Hasil Pengamatan *Counting Chamber* EM4

T (jam)	Run	Kotak (Jumlah sel)					Total per kotak	Rata- rata	Jumlah sel keseluruhan
		A	B	C	D	E			
0	1	14	15	16	18	17	16	16,60	$4,15 \times 10^8$
	2	19	16	19	17	16	17,4		
	3	18	16	14	15	19	16,4		
4	1	22	20	15	21	27	21	21,40	$5,35 \times 10^8$
	2	21	20	23	26	20	22		
	3	22	20	21	24	19	21,2		
8	1	12	9	12	13	17	12,6	12,00	$3,00 \times 10^8$
	2	14	13	12	10	11	12		
	3	11	11	10	10	15	11,4		
12	1	7	10	10	7	12	9,2	10,80	$2,70 \times 10^8$
	2	10	12	13	11	12	11,6		
	3	11	10	14	11	12	11,6		
16	1	8	9	7	9	8	8,2	7,53	$1,88 \times 10^8$
	2	6	8	8	9	6	7,4		
	3	7	6	6	7	9	7		



Gambar A.4 Kurva Pertumbuhan EM4

A.2 Perhitungan Jumlah Sel pada Kondisi Awal

Pada kondisi awal, semua variabel dikondisikan dengan jumlah sel mikroba yang sama yaitu 10^7 sel/mL. Cara penentuan kondisi awal dengan menggunakan rumus berikut:

$$D = \frac{A \times B}{A + C}$$

dengan keterangan:

A = Volume media yang berisi mikroba yang dimasukkan ke dalam air kelapa (mL)

B = Jumlah sel mikroba pada saat fase log (sel/mL)

C = Volume air kelapa yang *dirun*

D = Jumlah sel yang diinginkan pada kondisi awal

Contoh perhitungan kondisi awal dengan jumlah sel mikroba 10^7 sel/mL pada variabel *Aspergillus niger*:

Diketahui: B = $9,65 \times 10^8$ sel/mL

C = 3 L (3000 mL)

D = 10^7 sel/mL

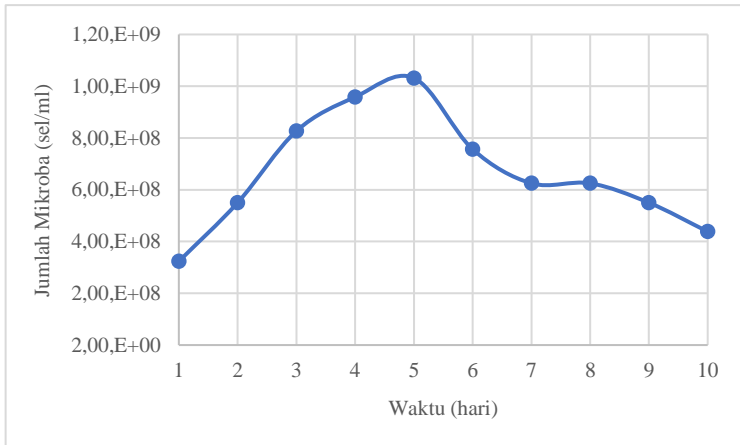
Untuk mengetahui nilai dari A (volume media yang berisi mikroba yang dimasukkan ke dalam air kelapa) dilakukan *goal seek* dengan rumus yang ada di atas sehingga diperoleh nilai A = 31,41 mL. Jadi sebanyak 31,41 mL media yang telah berisi mikroba pada saat kondisi fase log dimasukkan ke dalam air kelapa sebanyak 3000 mL. Dengan begitu kondisi mikroba yang ada di dalam air kelapa 3000 mL menjadi 10^7 sel/mL.

Tabel A.4 Data Perhitungan untuk Kondisi Awal

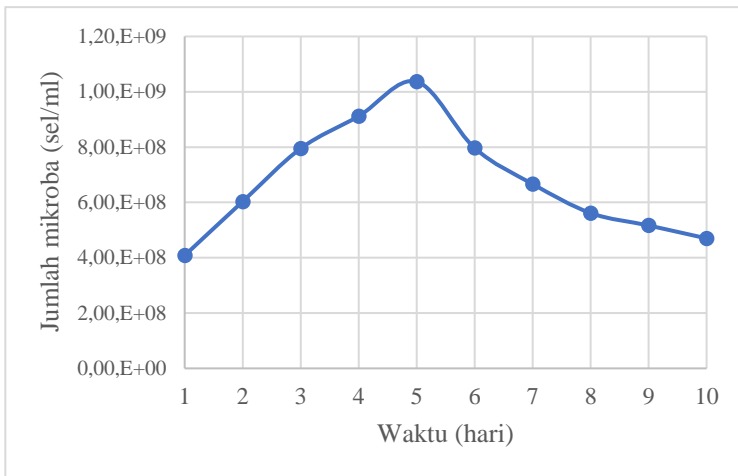
Variabel	Mikroba	B	A	D	Total D
EM4	EM4	$4,50 \times 10^8$	68,18	10^7	10^7
<i>P. putida</i>	<i>P.putida</i>	$6,33 \times 10^8$	48,13	10^7	10^7
<i>A. niger</i>	<i>A. niger</i>	$9,65 \times 10^8$	31,41	10^7	10^7
EM4 : <i>P. putida</i> (1:1 jumlah sel/mL)	EM4	$4,50 \times 10^8$	33,71	5×10^6	10^7
	<i>P.putida</i>	$6,33 \times 10^8$	23,87	5×10^6	
EM4 : <i>A. niger</i> (1:1 jumlah sel/mL)	EM4	$4,50 \times 10^8$	33,71	5×10^6	10^7
	<i>A. niger</i>	$9,65 \times 10^8$	15,62	5×10^6	
<i>P. putida</i> : <i>A. niger</i> (1:1 jumlah sel/mL)	<i>P.putida</i>	$6,33 \times 10^8$	23,87	5×10^6	10^7
	<i>A. niger</i>	$9,65 \times 10^8$	15,62	5×10^6	
EM4 : <i>P.putida</i> : <i>A. niger</i> (1:1:1 jumlah sel/mL)	EM4	$4,50 \times 10^8$	22,84	$3,4 \times 10^6$	10^7
	<i>P.putida</i>	$6,33 \times 10^8$	16,19	$3,4 \times 10^6$	
	<i>A. niger</i>	$9,65 \times 10^8$	10,61	$3,4 \times 10^6$	

A.3 Hasil Pengamatan Selama *Running*

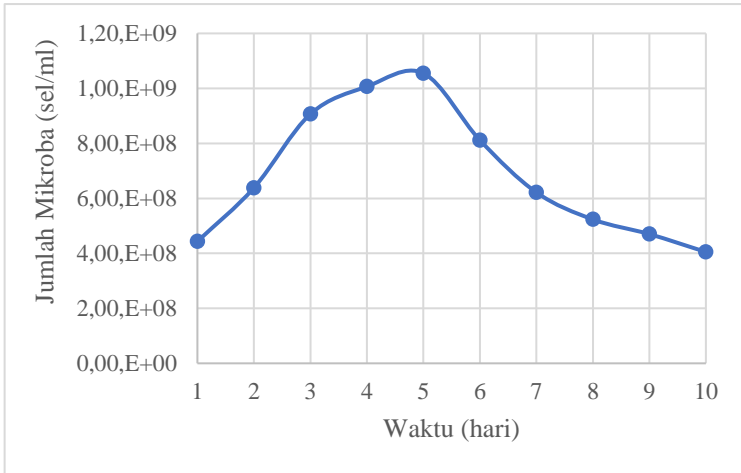
Berikut adalah grafik yang menunjukkan jumlah mikroba yang ada di dalam air kelapa selama proses fermentasi 10 hari.



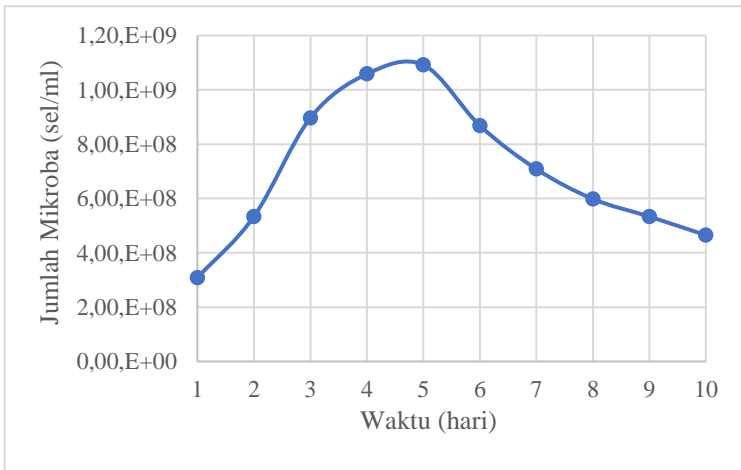
Gambar A.5 Jumlah Mikroba dengan Menggunakan *Aspergillus niger*



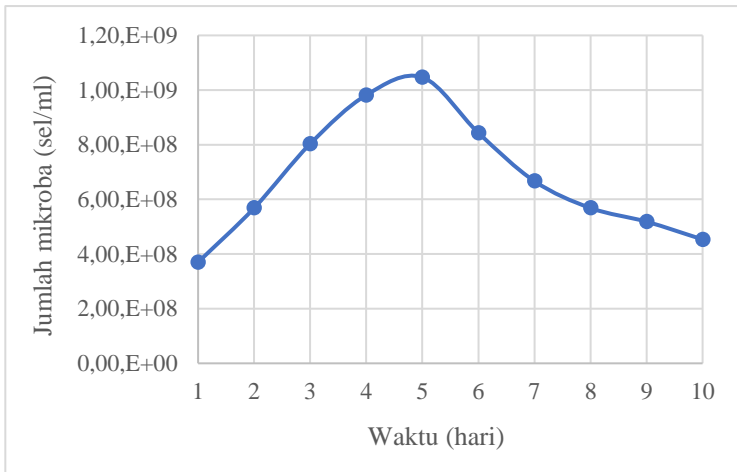
Gambar A.6 Jumlah Mikroba dengan Menggunakan *Pseudomonas putida*



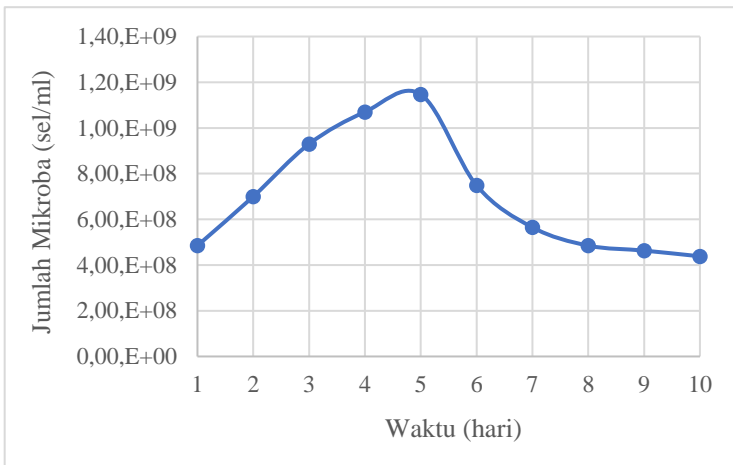
Gambar A.7 Jumlah Mikroba dengan Menggunakan EM4



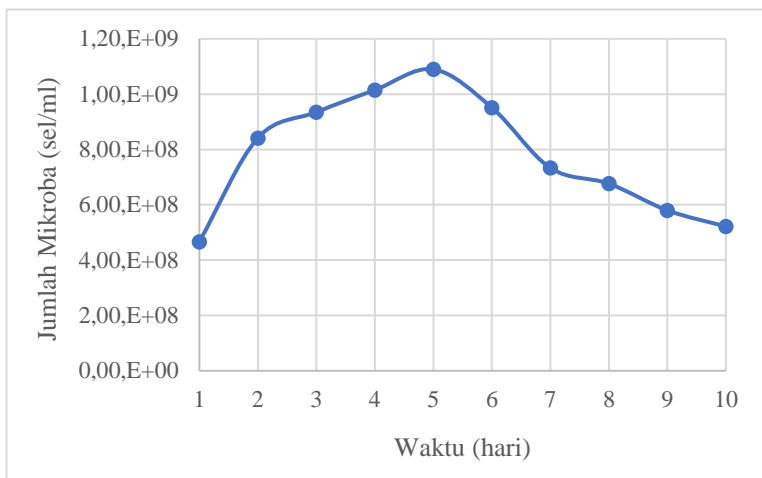
Gambar A.8 Jumlah Mikroba dengan Menggunakan EM4 :
Pseudomonas putida



Gambar A.9 Jumlah Mikroba dengan Menggunakan EM4 : *Aspergillus niger*



Gambar A.10 Jumlah Mikroba dengan Menggunakan *Aspergillus niger* : *Pseudomonas putida*



Gambar A.11 Jumlah Mikroba dengan Menggunakan EM4 :
A. niger : *P. putida*

Tabel A.5 Data Perubahan pH Selama Proses Fermentasi 10 hari

Waktu (hari)	<i>P. p</i>	<i>A. n</i>	EM4	<i>A. n</i> : <i>P. p</i>	EM4 : <i>P. p</i>	EM4 : <i>A. n</i>	EM4 : <i>P. p</i> : <i>A. n</i>
1	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,7
2	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,7
3	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,7
4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,6
5	4,6	4,6	4,5	4,5	4,6	4,5	4,6
6	4,7	4,7	4,4	4,5	4,7	4,5	4,7
7	4,8	4,7	4,4	4,6	4,7	4,5	4,7
8	4,8	4,8	4,4	4,7	4,8	4,5	4,8
9	4,9	4,8	4,4	4,7	4,8	4,5	4,8
10	4,9	4,9	4,4	4,7	4,9	4,5	4,8

*Ket : *A.n* = *Aspergillus niger*
P. p = *Pseudomonas putida*

A.4 Hasil Analisa Kandungan N, P, K dan C-organik

Sebelum mikroba dimasukkan ke dalam air kelapa, air kelapa tersebut terlebih dahulu dianalisa kandungan N, P, K dan C-organik. Kemudian air kelapa yang telah melalui proses fermentasi dianalisa kandungan N, P, K dan C-organik pada hari ke-5 proses fermentasi dan pada hari ke-10 proses fermentasi. Dengan begitu bisa dicari persen kenaikan kandungan N, P, K dan C-organik untuk semua variabel.

Berikut adalah contoh perhitungan persen kenaikan kandungan unsur N pada variabel *Pseudomonas putida* pada proses fermentasi hari ke-10:

Diketahui:

- kandungan N sebelum proses fermentasi (X) = 0,02%
- kandungan N setelah proses fermentasi 10 hari (Y) = 0,03%

$$\% \text{ kenaikan} = \frac{Y-X}{X} \times 100\%$$

$$\% \text{ kenaikan} = \frac{0,03\% - 0,02\%}{0,02\%} \times 100\%$$

$$= 50\%$$

Tabel A.6 Persen Kenaikan Kandungan N, P, K dan C-organik
Setelah Proses Fermentasi Hari ke-5

No	Variabel	Unsur hara makro			
		N (%)	P (%)	K (%)	C-organik (%)
1	<i>P. putida</i>	65	30	498	-62
2	<i>A. niger</i>	40	60	661	-51
3	EM4	85	30	661	-2
4	<i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	55	300	607	-20
5	EM4 : <i>P. putida</i>	50	60	552	-23
6	EM4 : <i>A. niger</i>	60	100	607	-23
7	EM4 : <i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	18	40	300	-16
8	Kontrol negatif	5	0	300	-18

Tabel A.7 Persen Kenaikan Kandungan N, P, K dan C-organik
Setelah Proses Fermentasi Hari ke-10

No	Variabel	Unsur hara makro			
		N (%)	P (%)	K (%)	C-organik (%)
1	<i>P. putida</i>	50	100	607	-71
2	<i>A. niger</i>	50	20	335	-69
3	EM4	50	20	280	-26
4	<i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	100	110	552	-29
5	EM4 : <i>P. putida</i>	50	60	443	-69
6	EM4 : <i>A. niger</i>	50	10	335	-14
7	EM4 : <i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	25	10	10	-35
8	Kontrol negatif	-25	-10	233	29

A.5 Hasil Analisa Pupuk Organik Cair terhadap Tanaman Uji Coba Cabai, Tomat dan Terung

Setelah melalui proses fermentasi dan uji analisa kandungan N, P, K dan C-organik, pupuk organik cair tersebut diujikan ke beberapa tanaman yaitu cabai, tomat dan terung. Berikut adalah data pertumbuhan tinggi dari ketiga tanaman tersebut.

A.5.1 Tanaman Cabai

Tabel A.8 Data Pertumbuhan Tinggi Tanaman Cabai untuk Hari ke-15

Variabel	Tinggi Tanaman (cm)							
	T = 0 hari				T = 15 hari			
	A	B	C	Rata-rata	A	B	C	Rata-rata
EM4	16	20	17	17,67	21	24	22	22,33
<i>P.putida</i>	11	9	13	11	16	14	18	16
<i>A. niger</i>	13	13	13	13	17	17	16	16,67
EM4 : <i>P. putida</i>	14,5	17	20	17,17	19	22	24	21,67
EM4 : <i>A. niger</i>	14	15	18,5	15,83	19	21	23	21
<i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	15	16	17	16	21	-	22	21,5
EM4 : <i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	14	13	15	14	17	17	18	17,33
Kontrol negatif	17	16	16	16,33	19	19	20	19,33
Hanya dengan air saja	15	15	18	16	17	17	20	18

Tabel A.9 Data Pertumbuhan Tinggi Tanaman Cabai untuk Hari ke-30 dan ke-45

Variabel	Tinggi Tanaman (cm)							
	T = 30 hari				T = 45 hari			
	A	B	C	Rata-rata	A	B	C	Rata-rata
EM4	23	26	25	24,67	25	27	27	26,33
<i>P.putida</i>	19	17	22	19,33	20	18	25	21
<i>A. niger</i>	20	21	19	20	21	22	21	21,33
EM4 : <i>P. putida</i>	22	24	26	24	25	25	26	25,33
EM4 : <i>A. niger</i>	22	24	25	23,67	24	25	26	25
<i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	24	-	26	25	25	-	28	26,5
EM4 : <i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	21	20	20	20,33	23	22	21	22
Kontrol negatif	21	21	22	21,33	23	23	22	22,67
Hanya dengan air saja	20	19	21	20	21	22	23	22

A.5.2 Tanaman Tomat

Tabel A.10 Data Pertumbuhan Tinggi Tanaman Tomat untuk Hari ke-15

Variabel	Tinggi Tanaman (cm)							
	T = 0 hari				T = 15 hari			
	A	B	C	Rata-rata	A	B	C	Rata-rata
EM4	34	38	35	34,5	37	-	39	38
<i>P.putida</i>	36	32	37	36,5	40	-	39	39,5
<i>A. niger</i>	37	30	37	33,5	-	34	40	37
EM4 : <i>P. putida</i>	40	42	43	41	44	45	-	44,5
EM4 : <i>A. niger</i>	47	42	51	46,5	-	46	54	50
<i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	29	38,5	33	31	34	-	35,5	34,75
EM4 : <i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	33	35	35	34,33	36	39	38	37,67
Kontrol negatif	38	37	40	39	41	-	42	41,5
Hanya dengan air saja	36	38	37	37	38	40	38	38,67

Tabel A.11 Data Pertumbuhan Tinggi Tanaman Tomat untuk Hari ke-30 dan ke-45

Variabel	Tinggi Tanaman (cm)							
	T = 30 hari				T = 45 hari			
	A	B	C	Rata-rata	A	B	C	Rata-rata
EM4	38	-	41	39,5	38	-	41	39,5
<i>P.putida</i>	41	-	41,5	41,25	41	-	42	41,5
<i>A. niger</i>	-	36	41	38,5	-	37	41	39
EM4 : <i>P. putida</i>	47	46	-	46,5	47	46	-	46,5
EM4 : <i>A. niger</i>	-	48	56	52	-	48	56	52
<i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	36	-	37	36,5	37	-	37	37
EM4 : <i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	38	40	40	39,33	38	41	40	39,67
Kontrol negatif	42,5	-	43	42,75	43	-	44	43,5
Hanya dengan air saja	39,5	41	39	39,83	40	42	40	40,67

A.5.3 Tanaman Terung

Tabel A.12 Data Pertumbuhan Tinggi Tanaman Terung untuk Hari ke-15

Variabel	Tinggi Tanaman (cm)							
	T = 0 hari				T = 15 hari			
	A	B	C	Rata-rata	A	B	C	Rata-rata
EM4	32	32	34	32,67	35	35	38	36
<i>P.putida</i>	38	32	36	35,33	40	37	39	38,67
<i>A. niger</i>	33	33	31	32	-	36,5	34	35,25
EM4 : <i>P. putida</i>	38	32	30	34	41	-	34	37,5
EM4 : <i>A. niger</i>	36	32	42	36,67	39	37	44	40
<i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	36	42	38	38,67	40	45	42	42,33
EM4 : <i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	35	36	37	36	38	40	40	39,33
Kontrol negatif	36	38	39	37,67	40	41	41	40,67
Hanya dengan air saja	37	38	37	37,33	40	41	39	40

Tabel A.13 Data Pertumbuhan Tinggi Tanaman Terung untuk Hari ke-30 dan ke-45

Variabel	Tinggi Tanaman (cm)							
	T = 30 hari				T = 45 hari			
	A	B	C	Rata-rata	A	B	C	Rata-rata
EM4	38	37	40	38,33	40	39	41	40
<i>P.putida</i>	41	40	41	40,67	42,5	42	43	42,5
<i>A. niger</i>	-	39	36	37,5	-	40	38	39
EM4 : <i>P. putida</i>	43	-	37	40	44	-	39	41,5
EM4 : <i>A. niger</i>	41	39	46	42	42	42	47	43,67
<i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	43	47	44	44,67	44	49	46	46,33
EM4 : <i>P. putida</i> : <i>A. niger</i>	40	42,5	42	41,5	41	44	44	43
Kontrol negatif	42	43	42	42,33	44	44	43	43,67
Hanya dengan air saja	42	42	40	41,33	43	43	42	42,67

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

APPENDIKS B

Pupuk organik cair diujikan ke beberapa tanaman yaitu cabai, tomat dan terung. Berikut merupakan pertumbuhan dari masing-masing tanaman untuk semua variabel.

B.1 *Pseudomonas putida*

T = 0 hari (kondisi awal)



T = 15 hari



T = 30 hari



T = 45 hari



B.2 *Aspergillus niger*

T = 0 hari (kondisi awal)



T = 15 hari



T = 30 hari



T = 45 hari



B.3 EM4

T = 0 hari (kondisi awal)



T = 15 hari



T = 30 hari



T = 45 hari



B.4 EM4 : *Pseudomonas putida*

T = 0 hari (kondisi awal)



T = 15 hari



T = 30 hari



T = 45 hari



B.5 EM4 : *Aspergillus niger*

T = 0 hari (kondisi awal)



T = 15 hari



T = 30 hari



T = 45 hari



B.6 *Pseudomonas putida* : *Aspergillus niger*

T = 0 hari (kondisi awal)



T = 15 hari



T = 30 hari



T = 45 hari



B.7 EM4 : *Pseudomonas putida* : *Aspergillus niger*

T = 0 hari (kondisi awal)



T = 15 hari



T = 30 hari



T = 45 hari



B.8 Kontrol Negatif 1 (Air Kelapa Saja)

T = 0 hari (kondisi awal)



T = 15 hari



T = 30 hari



T = 45 hari



B.9 Kontrol Negatif 2 (Air Saja)

T = 0 hari (kondisi awal)



T = 15 hari



T = 30 hari



T = 45 hari



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Reynad D. P. Gultom

Penulis lahir di Hinalang, 11 Oktober 1995, merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SD Negeri 173527 Balige, SMP Negeri 4 Balige, SMA Negeri 2 Balige, S1 Teknik Kimia FTI-ITS. Selama kuliah di Teknik Kimia, penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT Semen Tonasa (Persero) Pangkep, Sulawesi Selatan.

Email : reynadgultom@gmail.com



Rillya Kharisma Prabatiwi

Penulis lahir di Semarang, 12 Maret 1995, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SD Negeri 01 Salatiga, SMP Negeri 3 Pati, SMA Negeri 1 Pati, S1 Teknik Kimia FTI-ITS. Selama kuliah di Teknik Kimia, penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT Semen Tonasa (Persero) Pangkep, Sulawesi Selatan.

Email : rillyakharismaprabatiwi@gmail.com